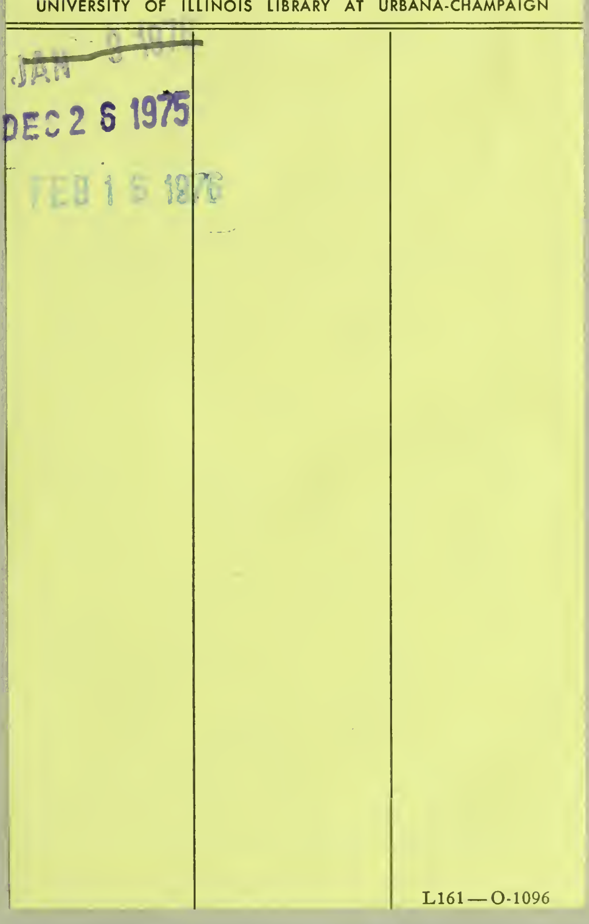
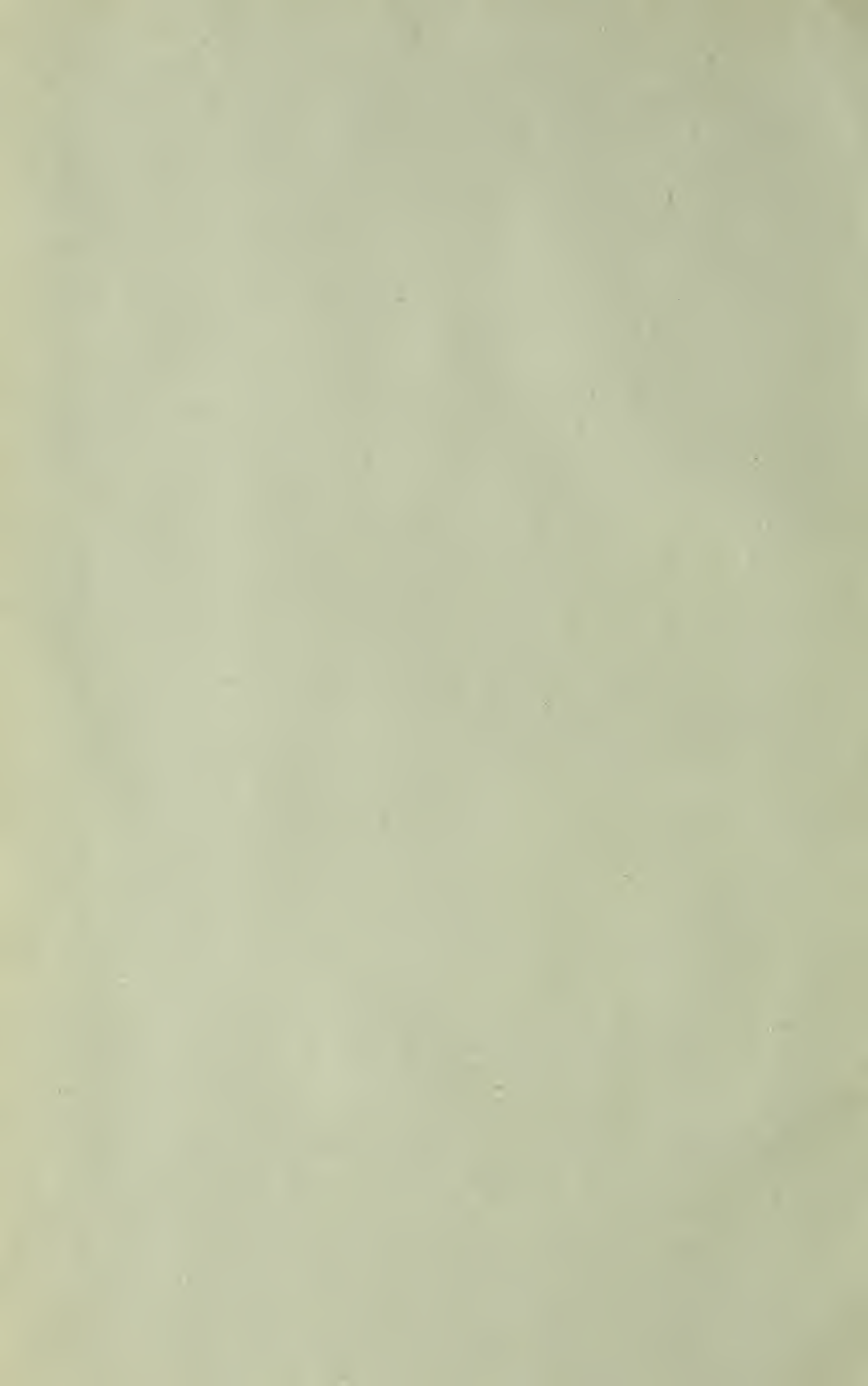



The person charging this material is responsible for its return to the library from which it was withdrawn on or before the Latest Date stamped below.
Theft, mutilation, and underlining of books are reasons for disciplinary action and may result in dismissal from the University.
UNIVERSITY OF ILLINOIS LIBRARY AT URBANA-CHAMPAIGN
DEC 26 1975
FEB 16 1976
L161—O-1096





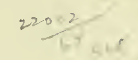
ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

GENÈVE — IMPRIMERIE ALBERT KUNDIG
Rue du Vieux-Collège, 4

CENT VINGT-QUATRIÈME ANNÉE



ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

(5me Période — Vol. 1)

GENÈVE
RÉDACTION DES ARCHIVES, RUE DU VIEUX-COLLÈGE, 4

PARIS
H. LE SOUDIER
174-176, Boul. St-Germain

LONDRES
DULAU & Cie
34-36, Margaret Street

NEW-YORK
G. E. STECHERT & Co
151-155, W 25th Street

Dépôt pour l'ALLEMAGNE, GEORG & Co, à Bâle

1919





Casimir de Candolle

(1836-1918)

CASIMIR DE CANDOLLE

1836-1918

(Avec un portrait).

Anne Casimir Pyramus de Candolle est né le 20 février 1836. Il fut élevé à Genève par ses parents et fréquenta diverses institutions scolaires jusqu'au Gymnase libre. Son père, Alph. de Candolle, l'envoya alors à Paris, où il fut reçu bachelier ès sciences en 1853 et licencié ès sciences physiques en 1857. Il y étudia principalement la physique et les mathématiques en compagnie de son ami Lucien de la Rive et la chimie sous la direction de Berthelot qui était alors le préparateur de Ballard.

Après avoir terminé ses études à Paris, il fit un séjour d'une certaine durée en Angleterre dans la maison du mycologue Berkeley pour s'y perfectionner dans la langue anglaise.

En 1859, il fit un voyage en Algérie[1], pour y visiter les forêts de chêne-liège dans lesquelles sa famille avait des intérêts. Il passa un hiver à Berlin vers 1860. En 1863, il épousait Mlle Anna Marcet, fille de François Marcet, un ancien magistrat genevois établi à Londres et propriétaire du domaine de Malagny (Genthod-Genève).

A cette époque de sa vie, C. de Candolle était déjà un admirateur si fervent des institutions anglaises qu'il résolut de faire en sorte que tous ses fils fussent Anglais. C'est bien pour cette raison que ses quatre enfants sont nés en Angleterre. Il fit ainsi de nombreux séjours dans ce pays avec Mme de Candolle et eut

[1] De ce voyage nous avons une étude sur la production du liège, paru dans les *Mém. Soc. phys. et d'hist. nat.* (1862).

par la suite l'occasion de s'y faire de nombreux amis, surtout parmi les botanistes. L'auteur de cette notice a fait avec de Candolle deux voyages en Angleterre et alors comme à d'autres occasions, il a pu se rendre compte de la situation qu'occupait de Candolle dans le monde de la science de ce pays. Il parlait d'ailleurs l'anglais avec facilité et élégance.

Il ne semble pas qu'il ait jamais suivi de cours de botanique. De son séjour à Paris et par nature même, il avait un goût prononcé pour les mathématiques qu'il travailla avec Charles Cellérier jusque vers la fin de la vie de ce dernier. Il continua d'ailleurs longtemps à se tenir au courant des progrès de la physique et de la chimie.

C. de Candolle n'a jamais brigué aucune fonction publique; il n'a jamais fait de politique active, mais il serait faux de croire qu'il s'en désintéressait. Bien au contraire, il suivait toutes les questions, tant cantonales que fédérales, en y mettant même un certain degré de passion et il votait très régulièrement.

Par contre, il s'est activement intéressé au développement de la vie des sociétés scientifiques de Genève. Membre du Comité des « Archives des sciences physiques et naturelles », il s'est pendant de longues années occupé de cette Revue. Il faisait partie de la Société de Lecture de la Société des Arts, de la Société de Géographie. De même il fréquentait assidûment les réunions annuelles de la Société Helvétique des sciences naturelles.

Avec son ami de la Rive il s'était particulièrement intéressé à l'idée d'un parc national suisse et lorsque ce grandiose projet fut réalisé, il fut choisi par le Conseil fédéral pour faire partie de la Commission restreinte du Parc national. Cette nomination comme le titre que l'Université de Genève lui offrit de Docteur *honoris causa* en 1899 ainsi que sa désignation en 1909 par la Société académique de Genève, comme Président d'honneur de cette société, tout cela montre que, malgré son extrême modestie, ses concitoyens et ses compatriotes avaient su honorer et sa haute science et sa probité intellectuelle.

Héritier d'un très grand nom déjà porté deux fois avec une extrême distinction, C. de Candolle avait eu aussi à continuer l'œuvre admirable de deux générations de botanistes. On peut dire qu'il a soutenu avec une rare compétence cette tradition

séculaire, ajoutant au patrimoine intellectuel de cette lignée de savants la contribution de son génie propre. Car C. de Candolle dans toute son évolution scientifique paraît très différent de son père et de son grand'père. Son extrême originalité le place à part dans cette illustre lignée dans laquelle chaque génération représente un autre type de botaniste.

Sa caractéristique biologique est celle d'une remarquable vitalité, une jeunesse d'allure et d'esprit qui faisait l'admiration de tous ceux qui l'approchèrent dans ses dernières années.

Il avait été secondé dans sa carrière par une femme d'énergie, de décision et d'esprit. Ceux qui ont eu le privilège de fréquenter la maison de Candolle, les étrangers de passage ou en séjour qui y étaient reçus, se souviendront longtemps de ces dîners et de ces réceptions, où l'on ne s'ennuyait guère, tant le maître et la maîtresse de la maison étaient accueillants, de conversation enjouée, alerte et originale.

Dans l'Herbier et la Bibliothèque il a eu comme collaborateur un botaniste dont il estimait particulièrement les rares talents d'observateur sagace et de grande érudition. On trouvera ailleurs une liste des travaux de C. de Candolle, due à la plume compétente de M. Buser, conservateur de l'Herbier de Candolle.

Il m'eut été agréable de faire revivre en un raccourci pittoresque la carrière de ce savant ami ; mais C. de Candolle ne se prêtait guère à ce genre d'enquête. Depuis 1886 on ne l'a guère connu que comme homme de science, régulièrement attaché à ce qu'il considérait comme le devoir de sa vie, aimant ce travail régulier et le faisant bien. Il est dès lors plus utile de le suivre dans le développement de ses idées et dans l'exposé de ses recherches. Mais la lecture de cette étude que je me suis efforcé de faire aussi fidèle à l'esprit de M. C. de Candolle que possible est de nature à convaincre que même lorsqu'il tenait la plume, lorsqu'il rédigeait un article de Revue scientifique, il n'aimait guère dépasser le domaine des faits et avait la plus grande répugnance à se lancer dans des théories insuffisamment fondées.

Pour bien comprendre l'œuvre scientifique de C. de Candolle, il convient de le suivre dans le développement logique de sa

pensée en essayant de voir comment il concevait les problèmes selon leur nature. Dès lors nous nous attacherons à cette analyse en partant, selon une méthode qui nous est habituelle, de ce qui est plus général pour aboutir à ce qui est plus particulier, plus spécifique. Et vraiment il nous facilite cette tâche par l'ordre même de ses préoccupations scientifiques. Qu'y a-t-il en effet de plus général, de plus compréhensif que la vie. Sans doute C. de Candolle n'a pas la prétention de nous donner une définition de la vie. Dans ses études sur la vie latente des graines [1] il veut savoir si les semences au repos vivent d'une vie ralentie ou si parfois, même le plus souvent, il n'y aurait pas suspension de la vie.

Des expériences sont tout d'abord entreprises en collaboration avec M. Raoul Pictet, dont les études sur les grands froids font autorité. Puis il les recommence en profitant des dispositifs mis à sa disposition par M. Sansinena, importateur de viandes gelées à Liverpool. Dans ces dernières expériences qui durèrent 118 jours, les abaissements journaliers de température variaient de 8-20 heures et oscillaient entre 53°,89 et 37°,78. tandis que dans l'intervalle le thermomètre s'élevait rarement au-dessus de 0°. Sa conclusion est que les graines à l'état de vie latente n'effectuent aucun échange vital ; la vie chez elles finit par être complètement suspendue. Pour arriver à cette conclusion il se base sur les observations de R. Pictet, qu'à ces basses températures les réactions chimiques ordinaires sont suspendues. Ces résultats qui sont demeurés classiques ont été depuis lors complétés et confirmés de divers côtés. Aujourd'hui, l'on dispose de moyens plus appropriés pour obtenir d'une manière continue de très basses températures. Mais si ces résultats sont conformes à la théorie, il veut les vérifier par une voie détournée. Puisque les échanges gazeux sont suspendus on pourra remplacer l'abaissement de température par une immersion prolongée des semences sous une couche de mercure. Ici encore la vie est suspendue pendant longtemps et cependant la plupart des graines ainsi traitées ne tardent pas à germer quand on les met dans des conditions favorables de chaleur et d'humidité.

[1] de Candolle, C. et Pictet, R. Recherches concernant l'action des basses températures sur la faculté germinative des graines. *Arch. 1879*, II, 629.

Tout cet ensemble de recherches suivi avec la plus parfaite logique l'amène à exposer ses idées sur la nature des matières vivantes qu'on a souvent comparées à des machines: les semences pendant leur vie latente sont des mécanismes intacts, au repos. Il est trop intelligent pour tomber dans un matérialisme enfantin; il a l'esprit trop critique pour défendre un vitalisme suranné[1].

« Les phénomènes, dit-il, ne sont pas de même nature dans les deux cas et les énergies dont l'ensemble constitue l'individu vivant ne sont pas des machines au sens ordinaire du mot... En effet la vie du protoplasma se manifeste par des mouvements qui sont combinés de façon à produire une orientation de ses parties selon certaines dispositions structurales se succédant dans un ordre déterminé, phénomène auquel les actions physico-chimiques ordinaires ne donnent jamais lieu. On est donc forcément conduit à admettre l'existence d'une classe particulière de réactions dont les matières assimilables ne deviennent capables qu'après leur absorption dans ce milieu spécial, le protoplasma vivant et préexistant, dans lequel elles pénètrent[2]. » Mais il se hâte de reconnaître que pour que ces réactions particulières aient lieu, il faut des conditions extérieures qui mettent en train le mécanisme qui peut pendant longtemps rester inerte et même le rester indéfiniment sans perdre la capacité de vie. « On connaît, dit-il, des cas où les [graines] ont germé après un repos si prolongé qu'il est impossible d'admettre qu'elles aient vécu, dans l'intervalle, d'une vie si ralentie fut-elle » (*l. c.,* 509).

Il n'en faudrait pas conclure que C. de Candolle fut vitaliste au sens qu'on donne souvent à ce terme; il ne fait pas intervenir de force spéciale mais seulement celles qui nous sont connues. Mais il se garde prudemment d'en inférer que les *phénomènes* qui se passent dans le milieu vivant soient exactement du même ordre que les autres. Toujours scrupuleux, objectif il ne veut pas aller au delà de ce que lui donne l'observation et l'expérience; pour lui le matériel vivant est donné, il a une

[1] de Candolle, C. Nouvelles recherches, *Arch. 1884*, XI, 325-327; Sur la vie latente des graines, *Arch. 1895*, XXXIII, 497-512, etc.

[2] Sur la vie latente des graines, *l. c.,* XXXIII, 508.

réalité objective aussi déterminée que celle des matières inertes.

Dès lors, s'il cherche dans d'autres travaux à ramener certains détails de la structure microscopique du plasma et du noyau, dans la caryocinèse, à des causes physiques connues, c'est qu'il sait bien que, si l'organisme se présente à nous avec ses particularités préexistantes, le mécanisme de ses réactions est analysable.

C'est ainsi qu'en étudiant les rides[1] qui se forment à la surface du sable déposé au fond de l'eau et autres phénomènes analogues, il est amené, comme tant d'autres avant et après lui, à expliquer les figures de la division nucléaire et cellulaire.

Dans le cas particulier, il se sert d'une étude de physique proprement dite pour éclairer par analogie un phénomène de biologie. Il s'agit dans les deux cas de liquides ou substances visqueuses en contact : Lorsqu'une matière visqueuse en contact avec un liquide moins visqueux qu'elle-même, éprouve un frottement oscillatoire ou intermittant résultant du mouvement de la couche liquide qui la recouvre ou de son propre déplacement relativement à cette couche : 1° la surface de la matière visqueuse se ride perpendiculairement à la direction du frottement ; 2° l'intervalle compris entre les rides ainsi formées est en raison directe de l'amplitude du frottement.

Dans ces expériences il se montre habile physicien et biologiste préoccupé de décrire les phénomènes vitaux dans le langage inéquivoque de la mathématique :

« Dans les phénomènes vitaux, il y a toujours lieu à distinguer entre les faits qui résultent directement du jeu des forces physico-chimiques connues et ceux *qui n'ont pas encore pu être expliqués par ces forces.* »

On sait que la caryocinèse, la formation des aster. des fuseaux. l'éloignement des chromosomes en deux groupes équilibrés, tous ces phénomènes ont été étudiés dans le même esprit par des biologistes comme Hartog, Errera, et plus spécialement par Fischer. Les uns font intervenir des centres dynamiques qui agiraient pour grouper les particules vivantes, d'autres supposent

[1] Rides formées à la surface du sable déposé au fond de l'eau, *Arch. 1883*, IX. 241-278.

des effets magnétiques ou enfin refusant à la plupart de ces figures qui accompagnent la caryocinèse et qu'on met en évidence par les méthodes de fixation, toute réalité objective, les considèrent comme le résultat de coagulations autour de particules ou d'organites préexistants. Les expériences et les comparaisons de C. de Candolle n'ont pas abouti, pas plus que les autres, à une théorie satisfaisante des cinèses, mais telles qu'elles sont, elles constituent en dehors de toute signification biologique certaine un résultat important de physique moléculaire.

Plus tard notre auteur s'est encore efforcé de ramener aux mêmes causes les sculptures que peuvent présenter les membranes végétales. A cette occasion il a insisté sur la possibilité d'arriver à des ridements analogues par un mouvement continu [1].

Il montre tout autant de sens critique en répétant et en modifiant les expériences de Sachs sur les rayons florigènes. Ce savant physiologiste ayant montré que les radiations ultraviolettes sont nécessaires à la production des fleurs dans plusieurs espèces, il avait imaginé une théorie selon laquelle ces radiations amèneraient à la formation de matières spécifiques florigènes. C. de Candolle [2] confirme ces résultats en tant que résultats mais pour lui les radiations comprises entre H et N du spectre solaire agiraient non pas en favorisant l'apparition de substances anthogéniques spéciales, mais par leur action stimulante. C'est une manière de voir qui est aujourd'hui généralement acceptée. On dirait que les radiations en question induiraient à une photomorphose. Il montre aussi comment cette action stimulante peut être perçue par des appareils incapables par eux-mêmes de réagir en produisant des fleurs, et cette excitation transmise de proche en proche, des parties éclairées à celles qui ne le sont pas mais qui sont capables de réagir.

Ce même esprit de physicien il l'apporte dans son étude [3] sur l'enroulement des vrilles qui lui avait été suggérée par la publication du célèbre mémoire de Ch. Darwin sur les plantes grimpantes.

[1] *Arch. 1883*, X, 356-358.

[2] Etude de l'action des rayons ultraviolets sur la formation des fleurs *Arch. 1892*, XXVIII, 265-277.

[3] Observations sur l'enroulement des vrilles, *Arch. 1877*, LVIII, 5-7.

Il arrive à montrer que l'inversion qu'on peut constater dans le sens de l'enroulement d'une vrille fixée est une nécessité mécanique ainsi que le supposait le savant anglais. Il constate ensuite que l'enroulement d'une vrille se fait sans changement de sens pourvu qu'elle soit suspendue à un fil flexible. Par d'ingénieuses expériences il découvre que le sens de l'enroulement dépend aussi de la plante qui porte la vrille, tandis que la vrille libérée peut s'enrouler dans l'un comme dans l'autre sens.

Ce travail est particulièrement captivant; il dénote du si remarquable talent d'analyste qui était le sien. On voit aussi combien peu le préoccupait le point de vue téléologique et quelle rigueur il s'efforçait d'introduire dans des recherches qui par leur nature même frappent plus l'imagination du biologiste que le sens expérimental du physicien.

C'est encore dans la même attitude intellectuelle qu'il aborde l'étude de la structure [1] et des mouvements du *Dionæa muscipula.* Car en lisant attentivement ce mémoire si clair, si bien rédigé on ne saisit nulle part la moindre émotion biologique pas plus qu'à l'occasion de ses recherches sur les phyllomes peltés et les ascidies il ne se laisse aller à reconnaître une coïncidence évidente entre d'étonnantes structures et des fonctions remarquables.

Etudiant tout d'abord l'évolution de cette curieuse feuille il reconnaît qu'elle se forme en deux temps; tout d'abord le limbe proprement dit en deux valves à structure inégale sur les deux faces et disposé en une espèce d'ascidie; puis sur ce limbe qui est la seule partie active, naissent les ailes qui se comporteront d'une manière passive, lorsque sous l'action d'un excitant la feuille se replie brusquement. Dans la structure des fameuses soies sensibles au contact il reconnaît, le premier, l'étage moyen qui fonctionne comme charnière et dont la déformation cellulaire est cause de l'excitation qui, selon HABERLANDT, se propage jusqu'à la zone motrice. DE CANDOLLE attribue le rôle principal à la tension qui s'effectue par l'oscillation du cone rigide terminal sur l'articulation plissée, et qui ébranlerait le tissu inté-

[1] Sur la structure et les mouvements des feuilles du *Dionæa muscipula*, *Arch. 1876*, LV, 405-434.

rieur de la base du poil et par la suite le parenchyme foliaire sous-épidermique.

Il y a dans ce beau travail l'amorce des études subséquentes ; il y développe heureusement l'idée de la variation de turgescence par laquelle le tissu passif de la face inférieure, tantôt est distendu, tantôt par diminution brusque de turgescence revient élastiquement à sa position d'équilibre stable.

Ici encore il s'est montré opposé à la tendance biologique qui consiste à voir dans les organes construits d'une manière spéciale, des adaptations à des fonctions spécialisées. A ce sujet sa première conclusion est significative. « L'absorption des matières d'origine animale n'est pas utilisée directement par les feuilles et elle n'est pas nécessaire au développement des *Dionæa* ».

C. de Candolle aimait, dans sa conversation particulière à mettre en doute la plupart des conclusions des biologistes ; son esprit méthodique se plaisait à tout considérer au point de vue mécanique et quand même il reconnaissait que les phénomènes de la vie sont, comme nous l'avons vu plus haut, d'un ordre particulier, il s'efforçait de ne pas se laisser gagner par le charme parfois trompeur qu'évoque la constatation de la coïncidence entre la structure et la fonction supposée et constatée. Il va de soi que nous partageons son point de vue comme méthode scientifique d'investigation, mais nous ne le saurions suivre jusqu'au bout dans son attitude réservée. Car il n'y a pas de doute que les vrilles ne se forment que chez les plantes grimpantes et que seules les plantes insectivores exhibent des appareils qui s'emparent et qui digèrent les proies.

Je pense, pour ma part, qu'il y avait dans cette attitude comme un besoin inné de scrupule scientifique raffiné. Il n'eût pas aimé se laisser gagner par une téléologie à bon marché. L'étude des progrès de la science, et il possédait une vaste culture dans le domaine de l'histoire de la botanique et des sciences physiques, l'avait averti que très souvent la solution d'un problème avait été retardée par l'exagération du point de vue biologique.

Ainsi pensait-il peut-être à Ch. Bonnet qui, cherchant à connaître l'usage des feuilles, n'aboutit à aucun résultat appréciable, alors que Senebier, étudiant l'influence de la lumière solaire

sur la végétation, fait la plus retentissante découverte de la physiologie.

Après le physicien, le géomètre. C. DE CANDOLLE a toujours eu une prédilection marquée pour les mathématiques. Même assez tard il y était revenu et avait complété ses études antérieures avec le savant mathématicien CELLÉRIER.

Il ne faut donc pas trop s'étonner de le voir, par une voie qui lui est propre et qui est excessivement originale, s'intéresser à la question de l'arrangement géométrique des feuilles autour de l'axe, ce qu'on appelle la phyllotaxie. Au moment ou C. DE CANDOLLE aborde ce problème, il n'est encore que géométrique. SCHIMPER, BRAUN et les frères BRAVAIS ont décrit minutieusement ces arrangements géométriques.

Or C. DE CANDOLLE montre que la série principale $^1/_2$ $^1/_3$ $^2/_5$ $^3/_8$ $^5/_{13}$ $^8/_{21}$ $^{13}/_{34}$ $^{21}/_{55}$ qui exprime les divergences les plus habituelles correspond à la disposition la mieux équilibrée d'organes similaires autour d'un axe uniforme. Il trouve aussi que l'arrangement des pièces et les modifications apparentes que paraissent subir ces arrangements ne dépend que du rapport de l'allongement des axes à leur dilatation. Les preuves géométriques qu'il donne de sa théorie sont convaincantes et l'on peut s'étonner à juste titre que le mémoire sur la phyllotaxie[1] n'ait été considéré ni par SCHWENDENER ni par DELPINO.

« Malgré la simplicité de ces conclusions on leur a longtemps préféré les théories compliquées relatives aux pressions que les organes naissants ou ceux déjà formés exerceraient, soit sur les régions avoisinant le point végétatif, soit les uns sur les autres par leurs bases censées en contact immédiat. »

En effet tandis que dans sa théorie fameuse SCHWENDENER affirme que les variations de divergence qu'on peut constater au cours de l'évolution individuelle sont dues à des pressions réciproques, à des déplacements, à des espèces de torsions, C. DE CANDOLLE dans un nouveau mémoire (1895, *l. c.*) démontre d'une manière définitive que de semblables suppositions sont inutiles et que les règles déjà antérieurement énoncées par lui suffisent à expliquer ces variations sans déplacement des lieux géomé-

[1] Considérations sur l'étude de la phyllotaxie, *Arch. 1865*, XXIII, 199. — Nouvelles considérations. C. P., *Arch. 1895*, XXIII, 121-147, 212.

triques. Et pour convaincre ceux qu'effrayent les mathématiques même élémentaires, il fait construire un remarquable appareil sur lequel des feuilles métalliques fixées à des anneaux mobiles mais qui sont repérés soigneusement de manière à maintenir une divergence constante ($^{21}/_{55}$), se laissent déplacer verticalement et selon leur éloignement relatif simulent, à l'examen des parastiques, les divergences de la série normale. Mais déjà à ce moment Raciborski, puis Schumann avaient constaté que souvent les primordium sont assez éloignés pour que la théorie de Schwendener ne puisse s'y appliquer.

Si C. de Candolle n'eut pas la satisfaction de voir reconnue son explication géométrique par ses adversaires il eut celle de voir les théories de Schwendener et de Delpino tomber dans l'oubli tandis que prenaient plus de valeur son clair et lumineux exposé de la phyllotaxie. La conspiration du silence est aussi un hommage.

C'est probablement ces études sur la phyllotaxie qui forment l'ensemble le plus cohérent de l'œuvre de C. de Candolle. Et l'on s'étonne à juste titre qu'elles aient passé presqu'inaperçues de ceux dont elles auraient dû attirer le plus l'attention. Ainsi Goebel qui, dans la première édition de l'Organographie, avait fait exposer la théorie de Schwendener, et qui ne trouve dans sa seconde édition qu'un mot pour attribuer à C. de Candolle des idées finalistes, reproche dont il s'était déjà défendu dans ses nouvelles recherches.

Qu'a-t-il voulu démontrer dans ces deux magistrales études? C'est que la fameuse série normale de Schimper $^{1}/_{2}$ $^{1}/_{3}$ $^{2}/_{5}$ $^{3}/_{8}$ $^{5}/_{13}$ $^{8}/_{21}$ $^{13}/_{34}$ $^{21}/_{55}$ est l'énoncé des divergences qui correspondent à la plus prompte répartition symétrique des organes appendiculaires autour de l'axe de figure. C'est pour lui une question d'équilibre nécessaire. Il n'y a dans cet énoncé aucun parti pris téléologique.

Bon gré mal gré les auteurs qui s'occupent des questions de morphologie seront amenés à reconnaître aux phyllomes un arrangement habituel et à en donner la description. Ces harmonies seront toujours exprimées géométriquement et l'arrangement quinconcial, le plus souvent réalisé et pour les raisons de probabilité indiquées par C. de Candolle, ce que reconnaît égale-

ment Delpino, avec ses dérivées, en d'autres termes l'existence de la spire génératrice et des parastiques comme des orthostiques si visibles sur certaines pousses, ne pourront être passées sous silence. Alors pour expliquer le changement de divergence sans changement de lieux géométriques, la variation d'obliquité des parastiques, il faudra avoir recours à une théorie. Or celle de C. de Candolle, sans expliquer la disposition probable des organes appendiculaires, nous dit que la variation de divergence n'est due qu'au rapport de l'allongement à l'accroissement transversal de ces pousses.

Dès lors tout s'éclaircit, c'est-à-dire que tout ce qui n'est pas donné par le type biologique s'explique par des raisons d'accélérations de croissance variées.

Mais les organogénistes les plus habiles de notre temps ont quelque répugnance à se familiariser avec des notions de géométrie élémentaire.

L'étude de la phyllotaxie nous amène au centre même de son activité comme biologiste. Je veux parler de sa Théorie de la feuille[1].

Il avait été frappé en préparant quelques-unes de ses monographies systématiques de la structure particulière que présentent beaucoup de pétioles et de feuilles (Pipéracées, Méliacées, Juglandacées, etc.).

L'histoire d'une science est moins celle des savants eux-mêmes que celle de la genèse d'une découverte. La théorie de la feuille, c'est là un sujet bien fait pour captiver un esprit comme celui du IIIe de Candolle, épris de vues générales, qui cherche derrière les apparences à découvrir le lien qui unit les multiples manifestations de la vie; ce polymorphisme étourdissant que nous présente la matière animée plastique et éternellement changeante. Ce qui l'amène à la morphologie, c'est à n'en pas douter la systématique des familles végétales, traitées par lui à l'occasion de sa collaboration au grand-œuvre de son grand-père et de son père, « le Prodrome ».

« Une étude récente des Pipéracées[2] m'ayant conduit à envi-

[1] Théorie de la feuille, *Arch. 1868*, XXXII, 31-64.

[2] Théorie de la feuille, *Arch. 1868*, p. 5 du tiré à part. — *Id.* Mémoire sur la famille des Piperacées. *Mém. Soc. phys. et d'hist. nat.*, Genève, 1866, XVIII, 219-248.

sager le mode de disposition des faisceaux fibro-vasculaires, je me suis vu ramené, par un sentier différent à cette grande question de la véritable nature de la feuille. La structure intérieure de certaines feuilles de Pipéracées m'a paru se présenter tout à fait comme celle d'un rameau dont la moitié postérieure serait atrophiée. »

La morphologie peut être considérée d'une part dans ses rapports avec la physiologie, chaque état de développement étant décrit en fonction des causes externes ou internes. Excitabilité des organes en voie de développement, faits de nutrition, tout cela fait partie de chapitres intéressants des fonctions de relation. Mais ce n'est pas ce problème qui l'intéresse, la notion des équilibres morphologiques ne l'attire pas particulièrement. Il s'agit bien plutôt, dans sa magistrale étude, d'un problème de définition, d'une de ces définitions trop souvent négligées par les organographes de notre époque, et qui cependant, en un raccourci hardi, nécessairement ou trop restrictif ou trop compréhensif, résume ce qu'il y a d'essentiel, de général.

L'important pour juger de la valeur d'une de ces définitions, c'est d'en saisir la portée dans l'établissement des homologies.

Or il est à mon avis incontestable que la théorie de la feuille de C. de Candolle éclaire d'une lumière particulièrement originale et féconde un ensemble de phénomènes mal compris jusqu'à lui ou même encore aujourd'hui à peine abordés. Mais avant de m'engager dans ce sentier ardu je veux bien dire que la course et la disposition des faisceaux dans le pétiole et le limbe, de même que les complications de structure de certains pétioles qu'il a été le premier à faire connaître, ne sont pas que l'expression de la plus ou moins grande vigueur de la pousse latérale, de l'hypertrophie ou de l'atrophie de ses deux faces principales. Il y a à côté de ces questions celles des équilibres de la tige et des limbes réalisés par l'intermède du pétiole, comme aussi des questions de statique, de conduction des sèves, qui interviennent pour modifier, à n'en pas douter, la structure anatomique de ces organes.

D'ailleurs C. de Candolle ne le conteste pas : il veut seulement attirer l'attention sur des homologies et s'en servir pour des définitions.

Pour lui, la présence et la course des faisceaux indique une poussée virtuelle ou réelle; dès lors la présence de faisceaux dans un pétiole du côté supérieur, comme il arrive dans un grand nombre de cas, est comme la marque d'un appendice possible de ce côté. Dès lors il y a selon lui des feuilles qui ont conservé la nature qu'il leur attribue, celle d'un rameau à disposition annulaire des faisceaux et d'autres qui, atrophiées du côté supérieur (il dit postérieur), ne montrent plus qu'une disposition des faisceaux en arc ouvert; enfin chez celles où, à cet arc ouvert, viennent s'ajouter des faisceaux surnuméraires et qui montrent une tendance à la ramification de ce côté.

En plus des ramifications de la feuille primordiale et qui sur l'écaille primitive se détachent à droite et à gauche (proliférations de la marge), il y a, comme dans la production des feuilles peltées ou des ascidies, celles qui naissent du côté supérieur. C'est cette constatation qui l'amène plus tard à s'intéresser si vivement à ces deux catégories de feuilles. Ce n'est pas comme on pourrait le croire, lorsqu'on ne connaît pas le développement de sa pensée, le fait tératologique ou normal qui l'intéresse, mais c'est la signification de ces cas singuliers pour sa théorie de la feuille.

De même une disposition de faisceaux dans l'étamine du *Magnolia yulan* lui permet d'homologuer à ces étamines les staminodes plus ou moins ascidiés des Renonculacées, ces derniers réalisant ce qui n'est que potentiel dans la première espèce. Tout aussi intéressante est la comparaison qu'il fait de ces étamines et des carpelles de *Magnolia* qui seraient des feuilles dédoublées portant à leur face supérieure un appendice ovuligène, le placenta. Il ne veut pas d'une théorie du carpelle qui consisterait à ne voir dans cet organe des Angiospermes qu'une feuille repliée et portant les ovules nés de la marge de ce phyllome. Pour lui donc, au moins dans les Magnolia, le placenta est une ramification de la face supérieure de la feuille qui s'individualise dès la base et qui porte les ovules. De même l'étude des Amentacées, des Juglandées en particulier, lui enseigne que l'étamine oppositisépale est un lobe postérieur des écailles du périgone. On sait aujourd'hui que lorsqu'augmente le nombre des étamines, la superposition de ces étamines aux

sépales se maintient. Ainsi la réduction ou la multiplication d'un des organes entraîne le phénomène correspondant dans les autres. Il y aurait lieu de voir le parti qu'on pourrait tirer de cette théorie à propos de la fleur des Potamogétonacées.

Mais sans vouloir généraliser hors de saison, on ne peut s'empêcher de penser à propos de cette théorie ingénieuse, aux phyllomes fertiles de certaines Ptéridophytes chez lesquelles on constate une ramification singulière. Ainsi les frondes à ramifications quadrisériées des Stauroptéridées, celles dédoublées des Ophioglossacées, ou des Schizéacées, chez lesquelles le lobe fertile naît sur le limbe à la façon dont C. de Candolle fait surgir le placenta des *Magnolia* (*Aneimia*, Hydroptéridées, etc.).

C'est en partant d'idées analogues à celles de C. de Candolle qu'on peut élaborer une théorie du carpelle par laquelle on homologuerait le type de placentation si commun chez les Mono, comme chez les Dicotylédonées aux phyllomes fertiles dédoublés des Ptéridophytes. Ainsi de nouvelles recherches sur la placentation viendront remettre en valeur les vues ingénieuses du savant botaniste genevois.

L'anatomie comparée des feuilles chez quelques familles de Dicotylédonées[1] constitue un complément naturel à son Mémoire sur la théorie de la feuille. Il y expose en principe les mêmes idées et les illustre par de superbes planches dessinées et gravées sur ses indications par un artiste. Ici encore il est précurseur ; ce n'est que plus tard que Petit devait, dans un travail d'ensemble, mettre en lumière l'importance à donner à la disposition des faisceaux dans le pétiole et depuis lors il n'est de travail d'anatomie systématique qui n'ait suivi cette voie.

Sans doute, à elle seule, l'anatomie des organes adultes ne saurait être un critère sûr de la valeur morphologique. C. de Candolle sait bien qu'à la base des feuilles qui présentent les complications signalées, l'anatomie est en général celle d'une feuille habituelle à son insertion, c'est-à-dire présente un arc libéro-ligneux ouvert ou des faisceaux disposés en demi-lune. Dès lors, à son origine, la feuille demeure une pousse appau-

[1] *Mém. Soc. phys. et d'hist. nat.*, Genève, 1879, XXVI, 428-480. — Cf. aussi *Arch. 1891*, XXVI, 501.

vrie du côté supérieur. On pourrait aussi rappeler que les faisceaux surnuméraires naissent après coup et tardivement viennent se mettre en communication avec le système normal ouvert. Mais il n'en reste pas moins que l'apparition de ces raccords ou de ces complications sont bien l'indice d'une vitalité augmentée et que l'idée que C. de Candolle se fait de la capacité qu'auraient ces sortes de feuilles de proliférer de cette face trouve souvent sa justification. Dans tous les cas, je ne connais aucun exemple de prolifications qui naîtraient de la face inférieure (à l'exception des phyllomes hypopeltés). Peut-être l'auteur ne sera-t-il pas suivi sur ce point quand il considère que feuilles et rameaux ne diffèrent que par degrés. On ne voit pas les feuilles se transformer directement en pousses ou en racines.

De la théorie de la feuille et de ses travaux sur la structure des pétioles, il n'y a qu'un pas à franchir pour arriver à ses différents mémoires sur les inflorescences épiphylles, les feuilles peltées et les ascidies. Il suffit de parcourir ses énumérations ou d'avoir causé avec lui de ces questions, pour se rendre compte combien il attachait d'importance à cette sorte de morphoses. Il s'est donné une peine inouïe à rassembler tous les faits y relatifs, de les coordonner et d'essayer d'en tirer des conclusions.

Pour lui, les inflorescences épiphylles sont l'une des meilleures preuves de sa théorie de la feuille; cette dernière étant une pousse limitée dont les tissus se développent ordinairement beaucoup moins du côté de la face supérieure, les feuilles « fertiles » c'est-à-dire à inflorescences épiphylles, sont des phyllomes capables d'un accroissement prolongé.

Son énumération si complète des inflorescences épiphylles a souvent été utilisée, récemment encore, par M. Harms, qui a décrit une Méliacée qui aurait fait la joie de C. de Candolle. (*Chisochaeton Pohlianus* Harms) et chez laquelle des inflorescences épiphylles naissent de la base des folioles des feuilles composées de cette plante de la Nouvelle Guinée. Goebel et Ve-

[1] Recherches sur les inflorescences épiphylles, *Mém. Soc. phys. et d'hist. nat.*, Genève, 1890, vol. supplémentaire, 3-77 et *Arch. 1890*, XXIV, 425.

LENOVSKI, une fois d'accord, ce qui n'est pas habituel, ne veulent reconnaître, dans le plus grand nombre des cas d'inflorescences épiphylles que des déplacements de bourgeons axillaires entraînés par une zone d'accroissement commune au bourgeon et à la base de la feuille. Mais GOEBEL lui-même cite des cas de véritable épiphyllie, véritables proliférations du limbe. Faut-il d'ailleurs rappeler la jolie expérience de WINKLER sur la production expérimentale d'inflorescences épiphylles chez les feuilles de *Torenia* utilisées comme boutures.

Quant aux feuilles peltées elles l'ont occupé jusqu'à sa fin ; il n'a cessé de récolter des matériaux, de recueillir les observations éparses dans la bibliographie. Près de 500 cas d'espèces à feuilles ou phyllomes normalement peltées lui étaient connus. Il avoue quelque part avoir été quelque peu déçu du peu de résultat, au point de vue général, de cette longue et minutieuse enquête. Quoi qu'il en soit, il nous a appris à distinguer les feuilles épipeltées des feuilles hypopeltées. Il a signalé combien il était intéressant qu'un caractère aussi disséminé dans le règne végétal fut relativement si peu fréquent. Sur plus de 110,000 espèces décrites il n'y aurait que 500 espèces à feuilles plus ou moins peltées.

Combien de fois la Tératologie n'a-t-elle pas servi à tirer de fausses conclusions ? C'est que les états pathologiques sont sous la dépendance de facteurs nouveaux et que les morphoses ainsi produites sont plus difficiles à débrouiller, à analyser que les normales. C. DE CANDOLLE ne tombe pas dans ce travers, car il fait immédiatement une distinction entre les monstruosités taxinomiques et celles qui n'ont point de signification systématique.

C'est sans doute la seule fois que dans un de ses travaux il se place franchement à un point de vue évolutif : « La théorie d'après laquelle les organismes les plus compliqués se seraient graduellement développés en partant de formes plus simples, est aujourd'hui si généralement admise que l'on ose à peine rappeler qu'elle n'est en réalité qu'une hypothèse ».

Puis après avoir signalé les services pratiques rendus à la

[1] Remarques sur la tératologie végétale. *Arch. 1891,* III, 197-208.

Science par cette théorie, il conclut : « Aussi est-il tout naturel de l'adopter à titre de postulat fondamental dans les recherches relatives aux êtres organisés ».

Sans décider de la cause de la variabilité, il oppose dès le début aux variations insensibles dont l'accumulation aurait produit, dans différentes directions, l'extrême richesse des formes existantes, les variations brusques, les cas tératologiques. Les uns sont sans avantage, même parfois désavantageux dans la compétition entre les êtres ; ils ne se retrouvent pas à l'état normal chez d'autres végétaux.

Au contraire beaucoup de faits de tératogénèse rappellent des états morphologiques habituels de types systématiques. Ainsi les concrescences, des bases des feuilles, l'épiphyllie, la synanthie, réalisée normalement dans le genre *Lonicera*, la concrescence des pétales chez les Dialypétales, la dialyse de la corolle des Gamopétales ramenant ces dernières à des états dialypétales, la transformation d'un ovaire supère en ovaire infère (Cerisier), la production de gynophores normalement développés chez les Capparidacées, etc.

Sans qu'il y insiste trop, car on sait qu'il craint toujours de trop s'avancer dans des domaines aussi complexes, on devine une espèce de théorie de la mutation par fixation de monstruosités qui deviendraient systématiques. Aussi ne s'étonnera-t-on pas de ce que M. de Vries ait de suite aperçu le parti que l'on peut tirer d'une pareille conception. (Voir Espèces et variétés).

De même qu'il distingue ces deux catégories, il sépare autre part les morphoses progressives de celles qui sont régressives. Les premières ajoutent un caractère ; elles sont comme qui dirait en progression sur l'état antérieur, tandis que dans la morphose régressive il y aurait retour à l'état juvénil.

A ce propos, il confirme, mais par des recherches indépendantes, des idées déjà anciennes de Pasquale et de Balfour sur l'origine des pousses adventives endogènes qu'il ne faut pas confondre avec les bourgeons dormants qui se réveillent en pousses nouvelles. Pour lui ces pousses adventives sont comme des embryons apogames ; ils naissent de tissus embryonnaires

[1] Observations tératologiques. *Bull. Soc. bot. Genève,* 1905, XI, 3-16.

(cambiium, cal. etc.) et renouvellent le cycle d'évolution individuelle, tandis que les bourgeons normaux sont partie intégrante de l'individu. Ainsi dans les *Eucalyptus,* les *Juglans,* le lierre, etc. Cette idée d'embryons apogames est heureuse et l'on n'en a pas encore tiré tout le parti qu'elle comporte.

Il y aurait bien d'autres travaux à analyser mais leur étude ne modifierait guère l'impression que nous avons cherché à dégager de l'ensemble de son œuvre. C. de Candolle a publié plus de 57 mémoires et notices de botanique générale.

On voit que dans des domaines bien divers, la théorie de la vie, la symétrie des organes, la valeur morphologique de la feuille, la signification des malformations, il s'est montré un novateur souvent génial, toujours objectif, prudent même à l'excès et dont l'influence a été certainement profonde dans l'établissement de la théorie de la botanique de son temps.

Mais ce n'est pas là Cas. DE CANDOLLE botaniste tout entier. Il y a encore l'infatigable monographe systématicien qui s'attaque aux groupes vastes des Myricacées, des Juglandacées, Pipéracées, Méliacées et des Bégoniacées. La liste bibliographique comprend rien que pour la systématique plus de 140 numéros.

Déjà en 1864 il collabore au PRODROME sous la direction de son père Alph. DE CANDOLLE. Il contribue à donner ainsi à ce grand-œuvre une forme définitive et lorsqu'en 1873, Alph. DE CANDOLLE fait le compte de la part qui revient aux de Candolle dans l'élaboration de cet immense ouvrage il a la fierté d'y associer son fils pour une part importante (259 p. $^1/_2$).

Une œuvre de ce genre n'est jamais complète, aussi voyons-nous en 1878 ALPH. et C. DE CANDOLLE annoncer au monde botanique des suites au Prodrome sous le nom de *Monographiæ phanerogamarum.* Cette grande entreprise en est actuellement à son X^e volume (sous presse). ALPH. DE CANDOLLE rédigea les Smilacinées et C. DE CANDOLLE les Méliacées. A la mort de son père il continue cette publication chez MASSON à Paris. Ce faisant il attire à Genève de nombreux collaborateurs, il groupe autour du célèbre Herbier des savants systématiciens de premier ordre dont les « types » venaient enrichir des collections d'une célébrité déjà mondiale. De France, PLANCHON et VESQUE étudient, le premier les Ampélidées, le second les Guttifères ;

d'Angleterre C.-B. Clarke écrit pour eux la monographie des Commélynacées puis des Cyrtandracées, Masters, les Restiacées; d'Autriche Hackel énumère les Andropogonées; de Belgique Cogniaux les Cucurbitacées et les Melastomacées; d'Allemagne A. Engler les Burséracées, les Aroïdées, les Anacardiacées, C[te] de Solms, les Pontéderiacées, C. Mez les Broméliacées; M. Micheli, de Genève, les Alismatacées.

Ajoutez à ces soucis d'édition, de corrections d'épreuves, d'échange de matériaux et de recherches relatives aux familles traitées, la direction d'une importante institution botanique en relation d'échanges avec le monde scientifique entier, la surveillance d'une bibliothèque que C. de Candolle tenait à maintenir à un niveau très élevé ainsi qu'une correspondance suivie avec tant de botanistes que la tradition et l'amitié groupaient autour de l'antique demeure! Tous ces devoirs C. de Candolle les remplissait avec la vue claire et orientée d'un directeur conscient de sa mission mais en même temps avec la ponctualité d'un fonctionnaire modèle s'accordant rarement des vacances et s'efforçant d'avoir toujours Bibliothèque et Herbier ouverts pour le service des botanistes et du pays et de l'étranger.

Il aimait à compléter sa bibliothèque non seulement d'ouvrages nécessaires aux recherches de systématique, mais de toute espèce d'ouvrages pouvant avoir un intérêt botanique: Botanique générale, Paléontologie végétale, Cryptogamie (tant des cellulaires que des vasculaires).

Aussi, les universitaires, pendant longtemps dépourvus de Bibliothèque, venaient-ils puiser dans son incomparable collection de livres et passer loin des bruits de la ville neuve des heures de tranquille et bienfaisante méditation. Les uns et les autres, jeunes étudiants et professeurs se sentaient très vite chez eux. Le maître de la maison toujours prévenant, jamais insistant, car il connaissait et le charme de la lecture tranquille et la valeur du temps semblait n'avoir d'autre souci que celui de rendre service.

D'ailleurs lui-même était toujours occupé: tantôt il revisait une collection de Pipéracées, de la Colombie ou de Honolulu, tantôt était plongé dans la mise au net de ses notes sur les Pipéracées, les Bégoniacées ou les Méliacées; d'autres fois on le

trouvait étudiant le dernier ouvrage paru, se mettant au courant de tout ce qui se faisait d'important dans le domaine de la morphologie ou de la physiologie. C. de Candolle avait beaucoup lu ; aussi sa conversation était-elle toujours intéressante, et comme cette grande expérience s'étendait sur une période qui dépasse de beaucoup celle qui est dévolue aux mortels ordinaires, il y avait grand profit à discuter avec lui d'un problème de botanique. Car nos connaissances ne sont que le résultat de longues recherches et plus d'une idée qui paraît neuve est plus ancienne que l'on croit.

Il se plaisait dans la conversation à montrer les points faibles des théories de l'évolution, du transformisme et des adaptations. Son génie botanique développé au moment même où le Darwinisme battait son plein, a traversé cette crise presque sans en avoir été influencé. Et qu'on ne s'imagine pas que cela provenait d'une incompréhension ou d'une connaissance insuffisante du sujet. Il avait tout lu, tout commenté, tout critiqué. Mais la scolastique évolutionniste classique lui paraissait un non sens. Dès lors il vivait dans un monde pénétré par la pensée évolutionniste sans refléter sous une forme ou une autre ce brillant météore et il passait calme et objectif dans l'aridité apparente de la connaissance positive sans se laisser dérouter par le mirage passager d'une Fata morgana suspendue dans les nuages.

Quant il y consentait et ce n'était pas habituel, la critique qu'il faisait de certains systèmes à la mode était présentée avec tant de bonne grâce et de charmante humeur que son interlocuteur, alors qu'il eut pu accumuler arguments sur arguments, se trouvait désarçonné par tant de conviction négative et de si gaie critique. Jamais chez lui d'amer persifflage ou de violente contradiction ; il était trop convaincu du progrès des sciences par le travail combiné de tous et trop respectueux de ses propres convictions pour ne pas en quelque sorte aimer celles des autres, sans toutefois se croire obligé de les partager. D'ailleurs il était, comme tous les bons causeurs, attentif aux arguments présentés et les examinait avec bienveillance.

Je ne pense pas qu'il eut été possible de rencontrer octogénaire plus alerte, plus vivant, plus curieux d'apprendre. Voici un trait qui le dépeint. L'année avant sa mort il m'avait de-

mandé de lui procurer quelques ouvrages relatifs à la théorie moderne des ferments. Encore une semaine avant de se mettre au lit pour ne plus s'en relever, il étudiait la chimie biologique d'Euler de Stockholm.

Il n'a jamais fait de politique active, mais il ne se désintéressait pas pour cela des affaires publiques, sur lesquelles il avait des opinions très arrêtées. Par contre, il était un zélé et fidèle habitué de la Société de Lecture, l'un des fondateurs de la Société de Géographie, très assidu aux séances de la Société de physique et d'histoire naturelle et à celles de la Société botanique, partout apportant et l'appui de sa grande expérience et l'encouragement de sa personnalité sympathique.

Dès le début il avait tenu à encourager les efforts faits pour développer l'enseignement pratique de la botanique à l'Université. Tout d'abord, en ouvrant si largement ses collections et sa bibliothèque, mais ensuite, en faisant don d'ouvrages de valeur ou d'instruments précieux. Il avait pris l'initiative de doter l'Institut de botanique d'une superbe collection de fossiles Williamson et se réjouissait de voir ces séries si utiles à l'enseignement de la phytopaléontologie.

Il s'était aussi vivement intéressé au développement du Jardin alpin et du Laboratoire de la Linnaea.

L'Université qui lui était sincèrement reconnaissante, lui avait décerné le grade de Dr honoris causa.

Aussi était-il tout désigné, lorsqu'en 1909, à l'occasion du Jubilé universitaire, la Société académique l'ayant nommé Président d'honneur, pour recevoir les hôtes de la vieille Université dans sa superbe propriété du Vallon (à cette occasion, comme à tant d'autres, il s'était montré un généreux et fidèle collaborateur de la Haute Ecole). Deux des botanistes les plus distingués de l'étranger, MM. les Prof. Flahault de Montpellier et A. Engler de Berlin rappelèrent en termes émus les services rendus à la Science par les de Candolle et tout particulièrement par celui qui faisait les honneurs de sa maison.

C. de Candolle était d'une générosité discrète, mais efficace : il était, malgré son accueil réservé et un peu froid, d'une extrême sensibilité, ce qui explique sa grande bonté naturelle.

Tous les botanistes genevois étaient ses amis.

Un de ceux qui l'ont le mieux connu dans ces dernières années (M. F. F. Roget) s'exprime à son sujet de la manière suivante (litt.) :

« Puisque je parle de respect, [C. de Candolle] tel que je l'ai connu était un rare exemple, dans le commerce des idées et l'échange des jugements, du respect de soi et du respect des autres, ce qui fait selon moi, le charme et la valeur des relations intellectuelles. »

« Une de nos dernières conversations roula sur le mystère de la vie, insondable, inexplicable selon lui. Sur ce mystère sa profonde et fine intelligence s'arrêtait avec respect, avec amour. »

[C. de Candolle] à l'œil clair, au visage ouvert, homme modeste, simple et sérieux était un candide admirateur et investigateur des œuvres d'un créateur inconnu.

« J'ai vu [C. de Candolle] avec ses amis dans son temple de la science. Courtois dans la conversation, écoutant volontiers, s'exprimant avec clarté et modération, allant de son pas vif et mesuré chercher, d'abord dans ses répertoires, puis sur les rayons de ses bibliothèques, le volume voulu, tournant les pages, mettant le doigt sur le passage décisif, mêlant ses souvenirs personnels à l'explication demandée, relevant d'une boutade pleine de saveur le texte sec et précis du livre, le tout avec cette réserve, cette timidité même qui le retenait d'imposer à son interlocuteur sa propre compétence, ses préférences de savant, ses propres conclusions. Esprit critique et analytique, frondeur avec bonne grâce, sceptique avec agrément, malicieux, avec un sourire aimable et fin, fuyant les sots, esquivant les importuns, mais leur faisant bon visage en gentlemen accompli s'il le fallait, [C. de Candolle] était un homme de bonne foi. Il cherchait à plaire sans s'abandonner et la bonté narquoisement souriante pétillait dans son regard. »

C. de Candolle avait eu la satisfaction de voir entrer dans la carrière botanique l'un de ses fils, M. Augustin de Candolle. Il savait que le précieux héritage qu'il avait reçu de ses pères et qu'il avait si bien géré au profit de la science et de la cité, cet admirable instrument qu'il avait complété et perfectionné à son tour et selon son génie, il allait le passer en des mains qui sauraient être habiles à le manier ; et ce n'est pas un spectacle ba-

nal que ce flambeau de la connaissance qui se passe de main en main, de génération en génération.

Car ce n'est pas la connaissance elle-même qui est héréditaire dans cette famille qui n'échappe pas à loi générale du recommencement individuel, mais c'est la piété filiale et pour le souvenir du défunt et pour la lumière qu'il a allumée dans le monde. Les artistes, leur œuvre accomplie passent et remettent l'ouvrage au nouvel artiste. Ce qui demeure, c'est cette flamme intérieure, c'est l'esprit dont tous les de Candolle ont été animés, cette conviction que si l'homme ne sait pas où le porte sa destinée, il sait qu'il est dans la grande chaîne des intelligences, porteur d'une mission, qu'il a un compte à rendre[1]. A suivre dans l'évolution de sa personnalité et de son œuvre, C. DE CANDOLLE, on se sent ému devant ce sage qui, tout en connaissant et les faiblesses et les limites de la raison, n'a jamais douté d'elle. Ceux qui l'ont connu personnellement garderont un fidèle souvenir de cet homme franc, juste et aimable comme le sont ceux qui prolongent jusqu'à la fin le don précieux de la jeunesse et du cœur et de l'intelligence.

R. CHODAT.

[1] Cf. Histoire de la Science et des Savants, par A. DE CANDOLLE.

PUBLICATIONS DE CASIMIR DE CANDOLLE

BOTANIQUE GÉNÉRALE[1]

I. Morphologie.

1*. Théorie de l'angle unique en phyllotaxie (*Arch., 1865*, XXIII, 199-212).

2*. Considérations sur l'étude de la phyllotaxie (*Arch., 1881*, V, 260-287, 358-396, 2 pl. — 2me édition, Georg, Genève, Bâle, Lyon, 1881, 79 p., 2 pl.).

3*. Nouvelles considérations sur la phyllotaxie (*Arch., 1895*, XXXIII, 121-147, 1 pl. ; cf. *1893*, XXX, 684).

4*. Théorie de la feuille (*Arch., 1868*, XXXII, 32-64).

5*. Recherches sur les inflorescences épiphylles (*Mém. Soc. Phys., 1890*, vol. supplém. 3-77, 2 pl. ; cf. *Arch., 1890*, XXIV, 425-6).

6*. Sur les bractées florifères (*Bull. Herb. Boiss., 1893*, I, 123-127, 1 pl. ; cf. *Arch., 1893*, XXIX, 324-5).

7. Sur les phyllomes hypopeltés (*Bull. Soc. b. Genève, 1897*, VIII, 61-69).

8*. Sur les feuilles peltées (*Ibid., 1899*, IX, 1-51 ; cf. *Arch., 1899*, VII, 279-280).

9. Bourgeons adventifs des arbres (*Arch., 1899*, VIII, 100-101).

10*. Questions de morphologie et de biologie végétales (*Arch., 1903*, XVI, 50-70).

11*. Sur le calice du Lundia Damazii CDC. — Species novæ brasilienses a L. Damazio lectæ (*Bull. Herb. Boiss., 1905*, V, 228-231).

12*. Sur deux Peperomia à feuilles singulières (*Arch., 1907*. XXIII, 160-168, 1 pl.).

13*. Les ligules du Trithrinax campestris Drude et Grisebach (*Bull. Soc. b. Genève, 1913*, V, 106-107, 1 pl.).

14*. Cas. et Aug. de Candolle. Sur la ramification des Sequoia (*Arch., 1917*, XLIII, 53-59, 1 pl.).

[1] Les numéros qui ont été *tirés à part* sont désignés par un astérisque.

II. Tératologie.

15*. Sur une monstruosité du Cyclamen neapolitanum (*Mém. Soc. Phys.*, 1887, XXIX³, 3-7, 1 pl. ; cf. *Arch., 1886,* XVI, 588-9 : *1887,* XVII, 69-70).

16*. Cas remarquable de fasciation chez un sapin (*Arch., 1889,* XXI, 95-99, 1 pl.).

17. Cas de torsion de la tige d'une plante de valériane (*Arch., 1889,* XXII, 282-3).

18*. Remarques sur la tératologie végétale (*Arch., 1897*, III, 197-208).

19. Monstruosité nouvelle chez les feuilles de noyer (*Arch., 1900,* X, 389-390 ; cf. *Bull. Herb. Boiss., 1901,* I, 334).

20. Proliferous leaves (*The Gardeners' Chronicle, 18 may 1901,* 319-320, 4 fig.).

21*. Sur un Ficus à hypoascidies (*Arch., 1901,* XII, 623-631, 1 pl. ; cf. *1902,* XIII, 79-80, XIV, 498-9).

22*. Nouvelle étude des hypoascidies de Ficus (*Bull. Herb. Boiss., 1902,* II, 753-762, 2 pl. ; cf. *Arch., 1902,* XII, 79-80).

23. Cas. de Candolle and D. Prain. Ficus Krishnæ (*Bot. Magazine*, tab. 8092, sept. 1906).

24. Quatre cas d'épiascidies nouvelles (*Bull. Herb. Boiss., 1902,* II, 335-336 ; cf. *1904,* IV, 604 et nº 29).

25. Oranges doubles (*Ibid., 1902,* II, 432).

26. Quelques monstruosités taxinomiques progressives (*Ibid., 1902,* II, 1027).

27. Un cas de monstruosité chez un Cypripedium (*Ibid., 1903,* III, 357-359 ; reproduit **Bull. Soc. d'Horticult. Genève*, 48e année, 1903, 138-140, avec figure).

28. Observations tératologiques (*Ibid., 1904,* IV, 602-604).

29*. Observations tératologiques (*Bull. Soc. b. Genève, 1905*, XI, 3-16, 1 pl. ; cf. *1902,* II, 335-6).

30. Morphologie taxinomique sur une feuille d'Orchidée (Masdevallia fragrans hort.) (*Bull. Herb. Boiss., 1905,* V, 1191-2).

31. Une pomme anormale (*Ibid., 1908,* VIII, 989).

32*. Sur les fleurs anormales du Leontopodium alpinum β nivale (Ten.) DC. (*Bull. Soc. bot. Genève, 1910,* II, 256-258, avec fig.).

33*. Sur les feuilles anormales d'un Strelitzia Reginæ Ait. (*Ibid.*, 258-260, avec fig.).

34. Anomalies florales chez une Rose cultivée (*Ibid., 1914,* VI, 103).

35*. Trois monstruosités végétales (*Ibid., 1915*, VII, 229-231).

III. Anatomie.

36*. De la production naturelle et artificielle du liège dans le chêne-liège (*Mém. Soc. Phys.*, *1860*, XVI, 1-13, 3 pl.).
37*. Anatomie comparée des feuilles chez quelques familles de Dicotylédones (*Ibid.*, *1879*, XXVI², 428-480, 2 pl.).
38. Nouvelles recherches sur l'anatomie comparée des pétioles (*Arch.*, *1891*, XXVI, 501).
39. Senecio sagittifolius Baker, sa structure foliaire (*Arch.*, *1892*, XXVIII, 158).
40*. Contribution à l'étude du genre Alchimilla (*Bull. Herb. Boiss.*, *1893*, I, 485-495, 2 pl.).
41. Origine controversée du Cytisus Adami (*Arch.*, *1883*, X, 359-361).

IV. Physiologie.

42*. Sur la structure et les mouvements des feuilles du Dionæa muscipula (*Arch.*, *1876*, LV, 404-434, 2 pl.).
43*. Observations sur l'enroulement des vrilles (*Arch.*, *1877*, LVIII, 5-17, 1 pl.).
44. Cas. de Candolle et Raoul Pictet. Recherches concernant l'action des basses températures sur la faculté germinative des graines (*Arch.*, *1879*, II, 629-632 ; cf. 354).
45. Idem. Nouvelles recherches, etc. (*Arch.*, *1884*, XI, 325-327).
46. Effet de la température de fusion de la glace sur la germination (*Arch.*, *1886*, XVI, 322-3).
47*. Sur la vie latente des graines (*Arch.*, *1895*, XXXIII, 497-512 ; cf. *1898*, V, 101-2).
48. Grains de blé pendant 4 ans dans du mercure (*Arch.*, *1899*, VIII, 517-8).
49*. Rides formées à la surface du sable déposé au fond de l'eau (*Arch.*, *1883*, IX, 241-278, 5 pl. ; cf. *1883*, X, 306-7).
50. Analogie entre les aspérités des parois des cellules végétales et les rides de frottement (*Arch.*, *1883*, X, 356-358).
51*. Sur les causes de l'orientation des matières protoplasmiques dans la caryocinèse (*Arch.*, *1890*, XXIII, 357-359).
52. Propriétés hygroscopiques de l'Asteriscus pygmæus (*Arch.*, *1886*, XV, 585-588).
53. Phénomène de végétation (cas de xénie) (*Arch.*, *1891*, XXV, 241).
54*. Etude de l'action des rayons ultra-violets sur la formation des

fleurs (*Arch.*, *1892*, XXVIII, 265-277, avec fig. ; cf. *1887*, XVII, 352-355).

V. Biologie, phénologie.

55. Sur une pluie jaune observée près de Bonneville en Savoie le 25 avril 1880 (*Arch.*, *1880*, III, 538-542, 1 pl.).
56. Cicatrisation remarquable d'un tronc de cytise (*Arch.*, *1889*, XXI, 468-9, 1 pl.)
57. Fructification abondante des glycines en 1888 (*Arch.*, *1889*, XXI, 555-6).
58. Sur une nouvelle galle du chêne (*Arch.*, *1897*, IV, 190-1).
59. Plantes rapportées du Spitzberg par M. A. Brun (*Bull. Herb. Boiss.*, *1903*, III, 357).
60. L'autonomie de la floraison dans Broussonetia papyrifera (*Ibid.*, *1907*, VII, 73-4).
61. Note sur une airelle à fruits blancs (*Bull. Soc. b. Genève*, *1910*, II, 203-206).
62. Racines aériennes chez un marronnier (*Ibid.*, *1914*, VI, 137).

BOTANIQUE SYSTÉMATIQUE

A. Juglandacées.

63*. Mémoire sur la famille des Juglandées (*Annal. sc. nat.*, *1862*, XVIII, 5-48, 6 pl.).
64. Juglandaceæ (*DC. Prodromus*, XVI², *1864*, 134-146).
65*. Engelhardtia Oreamunoa CDC. Une espèce remarquable du Costa-Rica (*Bull. Soc. b. Genève*, *1914*, VI, 165-170, 2 fig.).

B. Myricacées.

66. Myricaceæ (*DC. Prodromus*, XVI², *1864*, 147-155).

C. Pipéracées.

* Travaux d'ensemble. Travaux mixtes.

67. Piperaceæ novæ (*Journ. of bot.*, *1866*, 132-147, 161-167, 210-219).

68*. Mémoire sur la famille des Pipéracées (*Mém. Soc. Phys.*, *1866*, XVIII², 219-248, 7 pl.).
69. Piperaceæ (*DC. Prodromus*, XVI¹, *1869*, 235-390).
70*. Piperaceæ novæ (*Linnaea*, *1872*, XXXVII, 333-390).
71*. Nouvelles recherches sur les Pipéracées (*Mém. Soc. Phys.*, *1882*, XXVII², 305-315, 15 pl.).
72*. Piperaceæ novæ (*Annuaire de Genève*, *1898*, II, 252-288).
73. O. Kuntze. Revisio generum plantarum, III², *1898*. — CDC. u. Kuntze Piperaceæ, 272-275.
74*. Note sur la distribution géographique des espèces du genre Peperomia (*Bull. Géograph. bot.*, 20ᵉ année, *1911*, 3-6).
75*. Piperaceæ novæ (*Lecomte, Notul. syst.*, *1914*, III, 38-44).
76*. Piperaceæ neotropicæ. P. chinenses. P. novæ (*Berliner Notizblatt*, *1917*, VI, 434-483).
77. Mémoire sur la morphologie des Pipéracées (inédit).
78. Piperaceæ. Claves analyticae (*Annuaire de Genève*, XXI, à paraître).

** Travaux régionaux.

1. *Afrique.*

79*. Henriques. Contribuição para o estudo da flora d'Africa. Catalogo da Flora da ilha de S. Thomé. — CDC. Piperaceæ (*Bol. Soc. Broter.*, *1893*, X, 152-155).
80*. Piperacæ africanæ et madagascarienses (I) (*Englers Jahrb.*, *1894*, XIX, 224-230).
81*. Piperaceæ africanæ II (*Ibid.*, *1898*, XVI, 360).
82*. Pipéracées de Madagascar : espèces et localités nouvelles. Pipéracées de l'Afrique orientale, récoltées par le R. P. Sacleux (*Lecomte, Notul. syst.*, *1911*, II, 46-53).

2. *Indes orientales.*

83-84. Piperaceæ Meeboldianæ Herbarii Vratislaviensis (I), II (*Fedde Repertorium*, *1912*, X, 518-523 ; *1914*, XIII, 297-300).
85. Piperaceæ indicæ novæ (*Records of the Bot. Survey of India* ; inédit).

3. *Indo-Chine, Chine, Formose.*

86*. Schinz. Mitteilungen aus dem bot. Museum der Univ. Zürich, XXI. — IV. C.DC., Zwei neue Piper-Arten aus China (*Bull. Herb. Boiss.*, *1904*, IV, 1026).

87*. Lecomte. Flore générale de l'Indo-Chine. — C.DC. Saururacées et Pipéracées (*1910*, V, 59-92, 1 pl.).
Piperaceæ chinenses cf. nº 76.

88. Piperaceæ formosanæ (*Annuaire de Genève*, XXI ; à paraître).

4. *Péninsule malaise.*

89. Engler. Die auf der Expedition S. M. S. Gazelle von Dr Naumann im malayischen Gebiet gesammelten Siphonogamen — CDC. Piperaceæ, 450. Meliaceæ, 461-2 (*Englers Jahrb.*, *1886*, VII). — Reproduit dans : Forschungsreise S. M. S. Gazelle 1874-76, 4º, IV. Teil, Botanik, *1889*, Piperaceæ, 25. *Meliaceæ, 33-4, 1 pl.).

90*. Piperaceæ novæ e Peninsula malayana (*Records of the Bot. Survey of India*, *1912*, VI, 2-30).

91. Gamble. Materials for a Flora of the Malayan Peninsula. Nº 24 — CDC. Piperaceæ (*Journ. and Proceed. As. Soc. of Bengal*, *1914*, LXXV, 288-339).

5. *Indes néerlandaises.*

92. Koorders. Die Piperaceæ von Java (*Verh. k. Akad. v. Wetensch.*, Amsterdam, 2e série, XIV, *1908*, 1-75). (Contient des notes et 4 espèces nouvelles, communiquées par CDC).

93*. Koorders-Schumacher. Syst. Verzeichnis der zum Herbar Kds. gehörenden Phanerogamen u. Pteridophyten — CDC. Zwei neue javanische Piperaceen, *1912*, I, 53. Familie, 8-9.

94*. Hochreutiner. Plantæ Hochreutineranæ. — CDC. Piperaceæ (*Annuaire de Genève*, *1912*, XV-XVI, 231-235).

95*. Winkler. Beiträge z. Kenntnis der Flora u. Pfl. Geographie von Borneo, III. — CDC. et Winkler. Piperaceæ (*Englers Jahrb.*, *1913*, XLIX, 352-356).

96. L.-S. Gibbs. A Contribution to the Flora and Plant Formations of Mount Kinabalu & the Highlands of British North Borneo. — CDC. Piperaceæ (*Linnean Soc. Journ.*, *Botany*, *1914*, XLII, 127-129).

97*. Hallier. Botanische Ergebnisse der Elbert'schen Sunda-Expedition, etc. II. — CDC. Piperaceæ, Meliaceæ (*Mededeel. v. s'Rijks Herb. Leiden*, nº 22, *1914*, 1-10).

98*. Piperaceæ a Jaheri in insulis Key lectæ (*Ibid.*, nº 32, *1918*, 1-2).

99. Piperaceæ javanicæ et celebicæ novæ (*Annuaire de Genève*, XXI ; à paraître).

100. Piperaceæ e Borneo et e Sumatra novæ aut nuper lectæ (*Ibid.*).

6. *Iles Philippines.*

101. Usteri. Beiträge zur Kenntnis der Philippinen, etc. Dissert. Zürich, *1905*. — CDC. Piperaceæ, 125.
102. J. Perkins. Fragmenta floræ philippinæ, fasc. III, *1905*. — C. DC. Piperaceæ, 153-160.
103*. Philippine Piperaceæ (*Elmer's Leaflets of Philippine Botany, 1910*, III, 759-789).
104*. A Revision of Philippine Piperaceæ (*The Philippine Journ. of Sc., 1910*, V, 405-463).
105*. Six new Piperaceæ (*Elmer's Leaflets of Philippine Botany, 1914*, VI, 2291-2294).
106*. Piperaceæ philippinenses novæ vel nuper repertæ (*The Philippine Journ. of Sc., Botany, 1916*, XI, 207-225).
107. Merrill. Reliquiæ Robinsonianæ. — CDC. Piperaceæ (*Ibid., 1916*, XI, 260-1).
108. Piperaceæ philippinenses novæ (*The Philippine Journ. of Sc.* : à paraître).

7. *Nouvelle-Guinée.*

109. K. Schumann u. Lauterbach. Flora der deutsch. Schutzgebiete in der Südsee, *1901*. — Schumann u. CDC. Piperales, 254 263.
110. Nova Guinea. Résultats de l'expédition scientifique néerlandaise à la Nouvelle-Guinée, VIII, Botanique. — CDC. Piperaceæ, Meliaceæ, juillet *1910*, 415-426 ; *janvier *1914*, 1005-1017).
111. L.-S. Gibbs. Dutch N. W. New Guinea. A Contribution to the Phytography and Flora of the Arfak Mountains, etc. London. July *1917*. — CDC. *Piperaceæ, 127-128, 207-208. — Meliaceæ, 212-213.
112*. C. Lauterbach. Beiträge zur Flora von Papuasien, VI. — N° 58. CDC. Beiträge zur Kenntnis der Piperaceen von Papuasien (*Englers Jahrb., 1918*, LV, 204-220).

8. *Iles du Pacifique.*

113. Trois Peperomia des Nouvelles-Hébrides (*Bull. Herb. Boiss., 1908*, VIII, 329-330).
114*. L.-S. Gibbs. A Contribution to the Montane Flora of Fiji. — CDC. Piperaceæ (*Journ. of Linn. Soc., 1909*, XXXIX. 162-167).
115-116. K. Rechinger. Bot. u. zool. Ergebnisse einer wiss. Forschungsreise nach den Samoa-Inseln, dem Neuguinea-Archipel u.

den Salomonsinseln. Wien. CDC. — Piperaceæ, III. Teil, *1910*, 90-95 ; V. Teil, *1913*, 85-90, c. tab. IV.

117*. Hochreutiner. Plantæ Hochreutineranæ. — CDC. Piperaceæ (*Annuaire de Genève, 1912*, XV-XVI, 231-235).

118. The Hawaiian Peperomias (*College of Hawaii Publications. Bull. n° 2*. Honolulu, *1913*, 1-38, 8 pl.).

119*. Schinz. Mitteilungen aus dem bot. Museum der Univ. Zürich, LXXVI. — CDC. Piperaceæ neo-caledonicæ (3) (*Viertelsjahrsschrift naturf. Ges. Zürich, 1916*, LXI, 632-3).

120. Piperaceæ carolinenses et marianenses novae (*Annuaire de Genève*, XXI ; à paraître).

9. *Antilles.*

121-123.* Urban. Symbolæ Antillanæ. — IV. Piperaceæ, exposuit CDC. *1902*, III, 159-274. — Urban. Nova genera et species, III, VI. — CDC. Piperaceæ, *1907*, V, 294-298 ; *1912*, VII, 182-190.

124. Piperaceæ antillanæ (*Fedde Repertorium*, *1917*, XV, 1-5).

10. *Mexique, Amérique centrale.*

125*. Plantæ Lehmannianæ in Guatemala, Costarica, Columbia, Ecuador, etc. collectæ. Piperaceæ (*Englers Jahrb., 1889*, X, 286-290).

126. Piperaceæ costaricenses novæ (*Bull. Soc. bot. de Belgique*, *1890*, XXIX^2, 69-71).

127*. Durand et Pittier. Primitiæ Floræ Costaricensis, fasc. I. Piperaceæ, auctore CDC., 99-138 (Ex *Bull. Soc. bot. de Belgique, 1891*, XXX, 196-235).

128*. Pittier. Primitiæ Fl. Costaricensis, San José de Costa-Rica, II, fasc. 3, *1899*. — CDC. Piperaceæ, 217-296.

129-131. J. Donnell Smith. Undescribed plants from Guatemala, etc., XII, XIII, XVI, XXIII. — CDC. Piperaceæ, Meliaceæ, Begonia (*Bot. Gazette*, XIX, Jan. *1894*, 2-10 (4 Meliaceæ, 11 Piperaceæ); XIX, July *1894*, 258-261 (7 Pip.); XX, *1895*, 538-542 (8 Begonia); XXXIII, *1902*, 250-257 (1 Guarea, 1 Piper).

132. Loesener. Beiträge zur Kenntnis der Flora von Central-Amerika (einschliesslich Mexico), II. — CDC. Piperaceæ (*Englers bot. Jahrb., 1900*, XXIX, 86-7, 94).

133. Piperaceæ centrali-americanæ (*Contrib. U. S. National Herbarium* ; sous presse).

134. Piperaceæ mexicanæ novæ (*Annuaire de Genève*, XXI ; à paraître).

11. *Vénézuéla, Colombie, Ecuador, îles Galapagos.*

Cf. nº 125.

135. Les Pipéracées de l'Ecuador, de la Nouvelle Grenade et du Pérou de la collection de M. Ed. André (*Journal de Botanique de Morot, 1890*, IV, 395-399).
136*. Piperaceæ Andreanæ (*Bull. Herb. Boiss., 1897*, V, 696-711).
137*. Piperaceæ Sodiroanæ (*Ibid., 1898*, VI, 477-495, 505-521).
138. Robinson. Flora of the Galapagos Islands. — CDC. Piperaceæ (*Contrib. from Gray Herbarium*, new series, XXIV, ex *Proceed. Americ. Acad. Arts and Sc. 1902*, XXXVIII, 131-2).
139. Johnston. New Plants from Venezuelan Islands. — CDC. Piperaceæ (*Ibid.*, XXIX ex *1905*, XL, 685).
140*. Urban. Plantæ novæ andinæ, imprimis Weberbauerianæ, III. — CDC. Piper (*Englers Jahrb., 1908*, XL, 242-267).
141. A. Stewart. A botanical Survey of the Galapagos Islands. — CDC. Peperomia (*Proceed. Californ. Acad. Sc., 1911*, 4. series, I, 48-50).
142. Fuhrmann et Mayor. Voyage d'exploration scientifique en Colombie. — CDC. Piperaceæ (*Mém. Soc. neuchâteloise sc. nat., 1913*, V, 358-9).
143. Piperaceæ columbianæ et peruvianæ novæ (*Annuaire de Genève*, XXI ; à paraître).
144. Piperaceæ ecuadorenses novæ aut nuper lectæ (*Ibid.*).

12. *Bolivie.*

145-148. Piperaceæ Bolivianæ (*Bull. Torrey bot. Club*, XIX, Febr. *1892*, 47-49 ; Aug. *1892*, 254-5 ; XXI, *1894*, 160-1 (New Piperaceæ from Bolivia) ; XXV, *1898*, 566-572).
149-150. Pax. Plantæ novæ Bolivianæ, V, VI. — CDC. Piperaceæ (*Fedde Repertorium, 1911*, IX, 229-235 ; *1914*, XIII, 304-311).
151*. Hallier und Herzog. Die von Dr Herzog in Bolivia 1910-11 gesammelten Pflanzen, II. — CDC. Piperaceæ (*Mededeel. v. s'Rijks Herb. Leiden*, nº 27, *1915*, 7-9).

Cf. nº 73.

13. *Iles Juan-Fernandez.*

152. C. Skottsberg. Studien über die Vegetation der Juan-Fernandez-Inseln. — CDC. Peperomia (*K. Svenska Vet. Akad. Handl., 1914*, LI, nº 9, 20).

14. *Paraguay.*

153. Th. Morong and N.-L. Britton. An Enumeration of the Plants collected by Dr Thomas Morong in Paraguay 1888-1890. — Piperaceæ, named by CDC. (*Annals New-York Acad. Sc., 1892,* VII, 214-5).
154*. Marc Micheli. Contributions à la Flore du Paraguay. — CDC. Pipéracées (*Mém. Soc. Phys., 1893,* XXXII², 3-10, 3 pl. — cf. *Arch., 1893,* XXIX, 313).
155. Chodat. Plantæ Hasslerianæ. — CDC. Piperaceæ (*Bull. Herb. Boiss., 1898,* VI, appendix I, 17-18).
156. Chodat et Hassler. Plantæ Hasslerianæ, II. — CDC. Piperaceæ, Begoniaceæ, Meliaceæ (*Ibid., 1903,* III, 396-403, 403-405, 407-414).
157*. Hassler. Plantæ paraguarienses novæ vel minus cognitæ. — CDC. Pipéracées nouvelles du Chaco (*Ibid., 1907,* VII, 917-919).
158*. Plantæ paraguarienses novæ a cl. E. Hasslero et cl. K. Fiebrigio lectæ. I. Piperaceæ, II. Meliaceæ, III. Begoniaceæ (*Bull. Soc. b. Genève, 1914,* VI, 107-126, 5 fig.).

15. *Argentine.*

159. Piperaceæ argentinæ (*Fedde Repertorium, 1916,* XIV, 395-398).
 Cf. nº 73.

16. *Brésil.*

160. Warming. Symbolæ ad floram Brasiliæ centralis cognoscendam. Particula XII. Piperaceæ, a cl. CDC. determinatæ, ab editore annotatæ (*Vidensk. Medd. naturh. Foren. i Kjöbenhavn, 1872,* nº 6-9, 335-340).
161*. Piper Orenocoanum CDC. (*Bull. Herb. Boiss., 1898,* VI, 564).
162*. Piperaceæ Uleanæ e Brasilia (*Englers Jahrb., 1900,* XXIX, Beiblatt 65, 24-27).
163. Huber. Plantæ cearenses. — CDC. Piperaceæ (*Bull. Herb. Boiss., 1901,* I, 298-9).
164*. Piperaceæ et Meliaceæ brasilienses a cl. W. Schwacke lectæ (*Ibid.,* 353-366).
165*. Pilger. Beiträge zur Flora der Hylæa nach den Sammlungen von E. Ule. — CDC. Piperaceæ (*Verhandl. bot. Ver. Prov. Brandenburg, 1905,* XLVII, 104-118).
166*. Beauverd. Plantæ Damazianæ brasilienses. — CDC. Piperaceæ. Meliaceæ (*Bull. Herb. Boiss., 1907.* VII, 139-143).
167. Huber. Materiaes para a Flora amazonica, VII. Plantæ Ducke-

anæ austro-guyanenses. — CDC. Piperaceæ (*Boletim do Museu Goeldi, 1909*, V, 330-332).

168. P. Dusén. Beiträge zur Flora des Itatiaia, II. — CDC. Piper (*Arkiv för Botanik*, déc. *1909*, IX, nº 5, 5-6).

169. Usteri. Flora der Umgebung der Stadt Saõ Paulo in Bras. Jéna *1911*. — CDC. Piperaceæ, 174-5 (*Cf. Usteri, Contribuição fl. S. Paulo, 1906, 15*).

170*. Schinz. Mitteilungen aus dem bot. Museum der Univ. Zürich, LXXI. — CDC. (Peperomia ciliifolia, Piper Angremondii nov. sp.) (*Viertelsjahrsschrift d. naturf. Ges. Zürich, 1915*, LX, 431-2).

Piperaceæ neotropicæ, cf. nº 76.

171*. Pilger. Plantæ Uleanæ novæ vel minus cognitæ. — CDC. Piperaceæ, Meliaceæ (*Berliner Notizblatt, 1917*, VI, 485-503).

172. Piperaceæ Bakerianæ e Brasilia (*Annuaire de Genève*, XXI ; à paraître).

D. Méliacées.

173. Sur quelques cas d'embryons velus (*Bull. Soc. bot. France, 1875*, XXII, 229-232).

174*. On the geographical distribution of the Meliaceæ (*Transact. Linn. Soc. London*, Ser. 2, botany I, *1877*, 233-236, 2 tab.).

175*. Meliaceæ (*Martius Flora Brasil.*, XI[1], fasc. LXXV, febr. *1878*, 166-227, 16 pl.).

176. Meliaceæ (*Alph. et Cas. DC. Suites au Prodromus*, I, Jun. *1878*, 399-780, 4 pl.).

177. Engler. Siphonogame Pflanzen, ges. auf Dr Hans Meyers Kilimandscharo-Expeditionen 1888 u. 1889. — CDC. Meliaceæ (*1890*), 33, 1 pl.

178. Three new species of Mexican plants (*Bot. Gazette, 1894*, XIX, 39-40).

179. Meliaceæ novæ (*Bull. Herb. Boiss., 1894*, II, 567-584, 1 pl. ; cf. *Arch., 1894*, XXXII, 538-9).

180-181. Schinz. Beiträge zur Kenntnis der afrik. Flora. — CDC. Meliaceæ (Trichiliæ) (*Bull. Herb. Boiss., 1895*, III, 402 ; *1896*, IV, 428).

Cf. nº 73. O. Kuntze. Revisio generum pl., III[2], *1898*, 35-6.

182. J.-N. Rose. Studies on Mexican and Central American Plants, II. — Rose and CDC. Cedrela or Spanish Cedar (*Contrib. U. S. Nat. Herbar.*, V, *1899*, 189-191).

183. Huber. Plantæ cearenses. — CDC. Meliaceæ (*Bull. Herb. Boiss., 1901*, I, 308).

184*. HUBER. Materiaes para a flora amazonica, IV. — CDC. Quatro novas especies amazonicas do genero Guarea (Meliaceæ) (*Bol. Museu Para*, III, *1901*, 237-240).

185*. Meliaceæ novæ e Nova-Guinea, Samoa et Nova-Caledonia (*Bull. Herb. Boiss.*, *1903*, III, 161-180).

186*. Meliaceæ costaricenses (*Ibid.*, *1905*, V, 417-427).

187*. Meliaceæ novæ vel iterum lectæ et Rutacea nova (*Ibid.*, *1906*, VI, 981-986).

188. CHEVALIER. Novitates floræ africanæ. — CDC. Meliaceæ (*Mém. Soc. bot. France*, IV, *1907*, 3-13, aut *Bull. Soc. b. France*, LIV, *1907*, Mémoire 8, 3-13).

189*. Meliaceæ novæ (*Annuaire de Genève*, *1907*, X, 122-176).

190*. A revision of the Indo-Malayan species of Cedrela (*Records of the Bot. Survey of India*, *1908*, III, 357-378).

191. HUBER. Materiaes para a Flora amazonica, VII. Plantæ Duckeanæ austro-guyanenses. — CDC. Meliaceæ (*Boletim do Museu Goeldi*, *1909*, V, 434-436).

192. HERZOG. Siphonogamæ novæ Bolivienses in itinere per Boliviam orientalem ab auctore lectæ. — CDC. Meliaceæ (*Fedde Repertorium*, *1909*, VII, 58-59).

193*. HOCHREUTINER. Plantæ Hochreutineranæ. — CDC. Meliaceæ (*Annuaire de Genève*, *1912*, XV-XVI, 245-247).

194. K. RECHINGER. Bot. u. zool. Ergebnisse einer wiss. Forschungsreise nach den Samoa-Inseln, dem Neuguinea-Archipel u. den Salomonsinseln. Wien, V. Teil, *1913*. — CDC. Meliaceæ, 123-4.

195. HALLIER und HERZOG. Die von D[r] Herzog in Bolivia 1910-11 gesammelten Pflanzen, II. — CDC. Meliaceæ (*Mededeel. v. s'Rijks Herb. Leiden*, n° 27, *1915*, 81-83).

196. Meliaceæ argentinæ (*Fedde Repertorium*, *1916*, XIV, 403).

197*. Meliaceæ centrali-americanæ et panamenses (*Smithsonian Miscell. Collections*, LXVIII, n° 6, *1917*, 1-8).

198*. Meliaceæ philippinenses (*The Philippine Journ. of Sc.*; à paraître).

Cf. n°s 89, 97, 110, 111, 129, 131, 156, 158, 164, 166, 171.

E. Bégoniacées.

199*. HENRIQUES. Contribuiçaõ para o estudo da flora d'Africa. Catalogo da flora da ilha de S. Thomé. — C.DC. Begoniaceæ (*Bol. Soc. Brot.*, *1893*. X, 122-124).

200. J. DONNELL SMITH. Undescribed plants from Central America,

XVI. — CDC. Begoniæ 8 novæ (*Bot. Gazette, 1895*, XX, 538-542).

201*. Durand et Pittier. Primitiæ Floræ Costaricensis. — CDC. Begoniaceæ (*Bull. Soc. bot. Belgique, 1896*, XXXV, 256-267).

202. Huber. Plantæ cearenses. — CDC. Begoniaceæ (*Bull. Herb. Boiss, 1901*, I, 315-6).

203*. Begoniaceæ novæ (*Ibid., 1908*, VIII, 309-328, avec fig.).

204*. Un Bégonia nouveau (*Bull. Soc. bot. Genève, 1916*, VIII, 22-23, fig.).

205. Begoniaceæ centrali-americanæ et ecuadorenses (*Contrib. U. S. National Herbarium* ; sous presse).

Cf. nos 156, 158.

F. Familles diverses.

206. J.-N. Rose. Studies on Mexican and Central American Plants, II. — Rose and CDC. Note on some Mexican Species of Thalictrum (*Contrib. U. S. Nat. Herbar.*, V, *1899*, 185-189).

207*. A new species of Hydnocarpus (*The Philippine Journ. of Sc., C. Botany*, I, *1916*, 37-8).

Cf. nos 11, 23, 187.

MISCELLANEA.

Rapports présidentiels. Biographies.

208-210. Rapports du Président de la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève.

Rapp. pour l'année 1882 (*Mémoires*, XXVIII, *1883-4*, 65-101).
— — — 1891 (*Ibid.*, XXXI², *1892-3*. 81-144).
— — — 1896 (*Ibid.*, XXXII², *1894-7*, 33-64).

211. Emile Plantamour. Notice biographique (Extrait du n° 208) (*Arch., 1883*, IX, 392-404).

212*. Marc Micheli (*Ibid., 1902*, XIV, 5-13, avec portrait — tiré à part, augmenté de la « Liste des publications de M. Micheli », 16 p.).

113*. Notice sur la vie et les travaux de C.-B. Clarke (*Bull. Herb. Boiss., 1906*, VI, 890-892).

Analyses de travaux de physique, chimie, physiologie

parues dans les *Archives*, depuis 1859.
Les trois suivantes ont paru de façon spéciale.

214. Strasburger. The Conifers and the Gnetaceæ (*The Academy*, VI, *1873*, 31).
215. Becquerel. Des forces physico-chimiques et de leur interprétation dans la production des phénomènes naturels (*Arch.*, *1875*, LIII, 93-103).
216. Darwin. Insectivorous plants. Plantes insectivores (*Ibid.*, *1875*, LIV, 265-282).

Travaux d'édition.

217. Alphonse et Casimir de Candolle. Monographiæ Phanerogamarum. 8° Parisiis. G. Masson, I-VIII, *1878-1893*. — Cas. de Candolle contin. IX, *1896*; X (Radlkofer-Sapindaceæ; en préparation).
218. Lettre d'Ampère à Maurice Diodati, 1824 (*Arch.*, *1895*, XXXIII, 391-2).
219* Alphonse de Candolle. Ce qui se passe sur la limite géographique d'une espèce végétale et en quoi consiste cette limite (*Annuaire de Genève*, *1898*, II, 17-37).
220*. L'Herbier de Gaspard Bauhin déterminé par A.-P. de Candolle (*Bull. Herb. Boiss.*, *1904*, IV, 201-216, 297-312, 459-474, 721-754; cf. *Arch.*, *1904*, XVIII, 523). — Tiré à part, relié, 82 p., avec un médaillon de DC.
221*. A.-P. de Candolle. Mémoires et Souvenirs, publiés par son fils. 1862. — CDC. Table alphabétique des noms des personnes mentionnées dans l'ouvrage (table msc. dressée par A. DC.). *Genève*, *1910*, 15 p.

LES GÉOMÉTRIES FONDAMENTALES

DE

L'ESPACE EUCLIDIEN

PAR

René de SAUSSURE

Préliminaires.

Le but de cet article est : 1° de signaler l'existence, dans l'espace à *une* dimension, de géométries fondamentales à deux et même à trois paramètres ; 2° d'établir une classification rationnelle de toutes les géométries fondamentales, anciennes et récentes, en tâchant d'en unifier la terminologie.

La seule réalité spatiale est l'espace physique à trois dimensions. Les espaces dits « à plus de trois dimensions » sont de simples conceptions de notre esprit, ne correspondant à aucune réalité physique, car l'essence même de l'espace est d'avoir trois dimensions. Notre classification ne comprendra que les géométries relatives à l'espace réel considéré sous sa forme traditionnelle (espace euclidien).

Définitions.

Dans un article précédent[1] nous avons constaté qu'il existe *sept* figures géométriques, et seulement sept, qui sont de simples « positions », c'est-à-dire qui ne contiennent aucun paramètre de grandeur.

Ces figures sont :

1. Le *point*. Un point est une simple position ; il n'a pas de

[1] Voir René de Saussure, La géométrie des feuillets, *Arch. 1906*.

grandeur et il peut tourner sur lui-même, d'une façon quelconque, sans cesser d'être le même point.

2. La *règle,* ou ligne droite indéfinie, considérée comme élément spatial, comme tout indivisible (et non pas comme série de points). Une règle est une simple position; elle ne contient pas de grandeur et elle peut glisser ou tourner sur elle-même sans cesser pour cela d'être la même règle.

3. L'*èdre,* ou *monoèdre,* c'est-à-dire un plan indéfini, considéré comme élément spatial, comme tout indivisible (et non pas comme surface de points). Un èdre est une simple position; il ne contient pas de grandeur et il peut glisser sur lui-même, d'une façon quelconque, sans cesser d'être le même èdre.

4. La *flèche*, ou figure (PR) formée par un point P attaché[1] à une règle R. Le point P est l'*origine* de la flèche; la règle R en est la *hampe* et cette hampe est affectée d'un sens positif (indiqué par la pointe de la flèche). Une flèche est une simple position; elle ne contient pas de grandeur, et elle peut tourner autour de sa hampe sans cesser d'être la même flèche.

5. Le *bouclier*, ou figure (PE) formée par un point P attaché à un èdre E. Le point P est l'*origine* du bouclier; l'èdre E en est la *feuille* et les deux faces de cette feuille sont affectées respectivement des signes $+$ et $-$. La normale en P à l'èdre E est l'*axe* du bouclier. Un bouclier est une simple position: il ne contient pas de grandeur, et il peut tourner autour de son axe sans cesser d'être le même bouclier.

6. Le *drapeau,* ou figure (RE) formée par une règle R attachée à un èdre E (c'est-à-dire que la règle R est une droite marquée dans le plan de l'èdre E). La règle R affectée d'un sens, est la *hampe* du drapeau; l'èdre E, qui a une face positive et une négative, en est la *feuille.* Un drapeau est une simple position; il ne contient aucune grandeur et il peut glisser parallèlement à sa hampe sans cesser d'être le même drapeau.

7. Le *feuillet,* ou figure (PRE) formée par un point P attaché à une règle R, laquelle est elle-même attachée à un èdre E. Le point P est l'*origine*, la règle R la *hampe,* et l'èdre E la *feuille* du feuillet (PRE); la hampe a un sens déterminé (par une

[1] Dire qu'un point est « attaché » à une figure signifie que ce point est un point marqué sur la dite figure.

pointe de flèche) et les deux faces de la feuille sont distinguées par les signes + et —. Un feuillet est une simple position ; il ne contient aucune grandeur et il ne peut pas glisser sur lui-même. Il en résulte que si l'on attache un corps solide quelconque *C* à un feuillet *(PRE)*, la position de ce feuillet déterminera complètement celle du corps *C*. Les systèmes de corps solides invariables sont donc réductibles aux systèmes de feuillets, ou, si l'on veut, le feuillet est ce qui reste d'un corps solide lorsque celui-ci a été dépouillé de sa forme et de sa grandeur.

En résumé, des sept figures-position fondamentales trois sont des éléments simples (point, règle, èdre), trois sont des éléments doubles (flèche, bouclier, drapeau), et une est un élément triple (feuillet).

Comme conséquence de la terminologie que nous avons adoptée, les mots *droite* et *plan* reprennent leur sens primitif (sens d'Euclide) ; ce ne sont plus des éléments spatiaux (ceux-ci étant designés désormais par les vocables *point, règle* et *èdre)*, ce sont des « espaces » respectivement à une et à deux dimensions; en d'autres termes, le mot « droite » redevient synonyme de « ligne droite » (espace à une dimension), et le mot « plan » redevient synonyme de « surface plane » (espace à deux dimensions).

Il est donc indiqué de compléter notre terminologie en adoptant un nouveau terme pour différencier le « point » ordinaire (élément de position), du « point », considéré comme centre d'une gerbe de règles et d'èdres (espace angulaire à deux dimensions), que nous désignerons sous le nom *point-centre* ou *pivot.*

Rappelons encore que nous avons adopté le terme de *polysérie* pour désigner une série continue de figures égales (ou tout au moins de même espèce) en nombre multiplement infini ; ainsi :

Une	*monosérie*	est une série d'éléments	en	nombre	∞^1,
»	*bisérie*.	»	»	»	∞^2,
»	*trisérie*	»	»	»	∞^3,
»	*tétrasérie*	»	»	»	∞^4,
	etc.			etc.	

Par exemple, une ligne (ponctuée) est une monosérie de points, une surface (ponctuée) est une bisérie de points, une

surface réglée est une monosérie de règles, un complexe est une trisérie réglée, etc., etc.

Enfin, pour unifier autant que possible la terminologie des différentes géométries fondamentales nous adopterons encore les définitions suivantes :

deux figures seront dites *inverses* lorsqu'elles sont symétriques l'une de l'autre par rapport à un point ;

deux figures seront dites *réflexes* lorsqu'elles sont symétriques l'une de l'autre par rapport à un èdre ;

deux figures seront dites *contraires* lorsqu'elles sont symétriques l'une de l'autre par rapport à une règle ;

une figure *cotée* est une figure à laquelle on a associé une quantité constante (appelée *cote* de la figure [1]) ;

deux figures seront dites *réciproques* l'une de l'autre, lorsque l'une d'elles étant maintenue fixe, l'autre décrit, grâce à cette réciprocité, une polysérie *linéaire* [2].

La relation qui exprime la réciprocité de deux figures varie naturellement avec les figures considérées. Ainsi, par exemple, un point P et un èdre E sont réciproques, lorsqu'ils satisfont à la relation :

$$d = 0 ,$$

d étant l'intervalle, ou la distance, compris entre le point P et l'èdre E; en effet, si l'on maintient l'èdre E fixe, le lieu des points P réciproques de E est un plan (bisérie linéaire de points), et réciproquement, si l'on maintient fixe le point P, le lieu des èdres E réciproques de P est une gerbe (bisérie linéaire d'èdres).

Dans les géométries dont le caractère est *quadratique*, la relation de réciprocité contient une constante arbitraire, que nous désignerons sous le nom d'*indice de réciprocité ;* ainsi, par exemple, en géométrie réglée, deux règles R et R' sont réciproques, lorsqu'elles satisfont à la relation :

$$h \tang \omega = c,$$

[1] La cote n'est pas un paramètre de grandeur, car elle ne correspond à aucune grandeur de la figure même à laquelle elle est associée. C'est pourquoi les figures-cotées font partie des figures-position.

[2] Cette terminologie diffère en quelques points de celle que j'avais

h et ω définissant l'« intervalle » des deux règles (h = leur plus courte distance et ω leur angle), et c étant une constante donnée. Nous dirons alors que *les règles R et R' sont réciproques pour l'indice c,* et l'on voit que si l'on maintient fixé la règle R, par exemple, le lieu des règles R', réciproques de R pour l'indice c, est bien une polysérie linéaire (complexe linéaire). Lorsque l'indice c est nul, il n'est pas nécessaire de le mentionner, et comme dans ce cas la plus courte distance h est nulle, on voit que : deux règles sont réciproques pour l'indice zéro, lorsqu'elles se rencontrent ; on peut donc dire que *deux règles qui se rencontrent sont réciproques* (sans mention d'indice).

Remarque. — Lorsque les deux figures réciproques sont de même nature, la géométrie qui en résulte sera dite *unisexuelle;* ainsi, la géométrie des règles est unisexuelle, parce que la figure réciproque d'une règle est aussi une règle.

Au contraire, lorsque les deux figures réciproques sont de nature différente, comme par exemple les points et monoèdres réciproques, la géométrie qui en résulte sera dite *bisexuelle,* parce que toutes les formes d'une pareille géométrie peuvent être considérées sous un double aspect (séries de points ou enveloppes de monoèdres).

§ 1. — Les géométries fondamendales de l'espace à une dimension.

Qu'est-ce que l'espace à une dimension ? A première vue, c'est simplement une série de points formant une ligne droite. Mais cette définition est incomplète.

Les espaces qui ont moins de trois dimensions n'ont pas d'existence indépendante ; ces espaces sont, au même titre que toutes les figures géométriques, des abstractions, des limitations fictives de l'espace réel à trois dimensions. Un plan, par exemple, est bien un espace à deux dimensions, mais il ne peut être conçu sans l'espace tridimensionnel dans lequel il est plongé ; il est solidaire de ce dernier.

adoptée dans mon travail sur la *Théorie géométrique du mouvement des corps.* Je me suis efforcé de la simplifier et de tenir compte des terminologies, employées par d'autres auteurs (R. S. Ball, C. Cailler, etc.).

Il existe bien des milieux continus, à moins de trois dimensions, qui jouissent d'une existence physique indépendante : ainsi, le *temps* est un continu à une dimension, mais ce continu n'est plus fait d'étendue, il est fait de *durée*. Entre le temps à une dimension et l'espace à une dimension, il n'y a pas seulement différence qualitative (durée et étendue) ; il y a différence de structure, par le fait que le temps est un tout indépendant, tandis qu'une ligne droite (espace à une dimension que nous désignerons par S_1) est solidaire de l'espace qui l'entoure. Dans le champ de la durée on ne perçoit qu'une suite d'*époques*, tandis que la ligne droite S_1 peut être considérée, soit comme une série de points P, soit comme une série de monoèdres E, se croisant sur la droite S_1 et formant un faisceau, porté par cette droite. Aussi, tandis que le temps ne connaît qu'une seule espèce de grandeur (la durée), l'espace à une dimension S_1 en connaît deux : la *longueur*, ou distance de deux points P et P', situés sur la droite S_1, et l'*angle dièdre*, ou grandeur angulaire, comprise entre deux èdres [1], passant par la droite S_1.

L'espace à une dimension contient-il seulement des grandeurs, ou bien contient-il aussi des *formes* géométriques ; en d'autres termes, existe-t-il une véritable géométrie à une dimension ?

A première vue, il semble que non, car les points P et les èdres E ne peuvent se déplacer que d'une seule manière dans l'espace S_1 ; ils ne peuvent donc pas engendrer une diversité de formes dans cet espace ; on ne peut donc parler ni de géométrie ponctuelle, ni de géométrie tangentielle, dans l'espace à une dimension. Mais l'espace S_1 ne contient pas seulement des points P et des èdres E; il contient aussi des boucliers *(PE)*, et même une double infinité de boucliers, puisqu'on peut associer un point quelconque P à un èdre quelconque E d'une

[1] C'est grâce à l'existence de ces grandeurs spatiales à une dimension que le phénomène du mouvement se présente sous deux formes irréductibles l'une à l'autre. En effet, le temps, n'ayant qu'une dimension, ne peut être associé dans l'espace qu'à des grandeurs à une dimension ; il y a donc deux espèces possibles de mouvement : le *mouvement linéaire* (obtenu par association d'une longueur avec une durée) et le *mouvement angulaire* (par association d'un angle dièdre avec une durée).

double infinité de manières différentes. Le bouclier *(PE)* peut, en effet, tourner et glisser sur la droite S_1, d'une manière arbitraire, sans sortir de l'espace à une dimension ; il peut donc engendrer dans cet espace des monoséries de différentes formes (tout comme un point peut engendrer des lignes de diverses formes dans un plan).

Il existe donc, dans l'espace à une dimension, une géométrie fondamentale à deux paramètres, géométrie dont l'élément spatial primitif est le bouclier (une des sept figures fondamentales). Exposons en quelques mots les éléments de cette nouvelle géométrie.

Géométrie des boucliers.

Soit S_1 la ligne droite représentant un espace à une dimension ; soient *(PE)* et *(P'E')* deux boucliers situés dans cet espace (c'est-à-dire tels que leurs origines P et P' soient situées sur la droite S_1, et que leurs feuilles E et E' passent par cette droite) ; nous dirons que ces *deux boucliers sont réciproques pour l'indice c, lorsqu'ils satisfont à la relation :*

$$h \, tang \, \frac{\omega}{2} = c \ , \qquad (3)$$

h et ω définissant l'« intervalle » entre les deux boucliers ($h =$ distance des points P et P', et $\omega =$ angle des èdres E et E'), et c désignant une constante donnée. Pour justifier cette définition, il faut montrer que si l'on maintient fixe l'un des boucliers, par exemple le bouclier *(PE),* le lieu des boucliers *(P'E'),* réciproques de *(PE)* pour l'indice c, a les caractères d'une monosérie linéaire.

Remarquons d'abord que si *(PE)* est le bouclier fixe, la position du bouclier mobile *(P'E')* est déterminée univoquement par l'équation (3) ; en effet, pour chaque valeur de h, l'angle ω est déterminé à un multiple près de 2π, et réciproquement, à chaque valeur de ω ne correspond qu'une valeur de h, déterminée en grandeur et en signe.

Remarquons ensuite que la présence d'une constante arbitraire c, dans la formule de réciprocité (3), montre que *la géométrie des boucliers dans l'espace S_1 est une géométrie de caractère quadratique,* analogue par conséquent à la géométrie

des règles (ou à celle des feuillets) dans l'espace à trois dimensions *(S_3)*. C'est ce qui fait l'intérêt de cette géométrie des boucliers, car elle est, à ma connaissance, le premier exemple d'une *géométrie quadratique à deux paramètres;* elle vient ainsi compléter la série des géométries quadratiques, puisque la géométrie des règles est à quatre paramètres, et celle des feuillets, à six paramètres. On voit que toutes les géométries quadratiques sont à un nombre pair de paramètres[1].

On peut maintenant vérifier facilement que le lieu des boucliers réciproques d'un bouclier fixe (pour un indice donné c) est bien une *monosérie linéaire.* Et d'abord, que ce lieu est bien une monosérie, cela est évident, puisque l'équation de réciprocité (3) établit une relation entre les deux coordonnées h et ω du bouclier mobile. Désignons par M la monosérie des boucliers réciproques d'un bouclier fixe, pour l'indice a; cette monosérie jouera, dans la géométrie des boucliers, le même rôle que le complexe linéaire, dans la géométrie réglée (puisque le complexe linéaire est le lieu des règles réciproques d'une règle fixe, pour un indice donné). Or, dans toute géométrie quadratique, si n est le nombre de paramètres dont dépend l'élément spatial de cette géométrie, la polysérie linéaire fondamentale dépend de $n-1$ paramètres, et les éléments communs à n polyséries linéaires sont au nombre de *deux.* Dans l'espace S_1, la géométrie des boucliers est à deux paramètres ; on a donc ici : $n = 2$; en d'autres termes, si la monosérie M est une monosérie linéaire, les boucliers communs à deux monoséries M doivent être au nombre de deux.

Or, c'est précisément ce qui a lieu. En effet, soient $(P_1 E_1)$ et $(P_2 E_2)$ les boucliers fixes, qui sont respectivement réciproques des deux monoséries données M_1 et M_2, boucliers que l'on peut appeler les *boucliers centraux* de ces monoséries[2] ; et soient :

$$h_1 \tan \frac{\omega_1}{2} = c_1 \qquad \text{et} \qquad h_2 \tan \frac{\omega_2}{2} = c_2,$$

[1] Pour être tout à fait complet, il faudrait ajouter : « Dans les espaces qui ont un nombre impair de dimensions » (comme S_1 et S_3).

[2] Le bouclier central d'une monosérie M ne fait pas partie de cette monosérie, car pour $h = 0$, l'angle ω n'est pas nul.

les équations de ces monoséries, par rapport à leur bouclier central. Rapportons la seconde de ces équations au bouclier central de la première monosérie, au moyen des formules de transformation :

$$h_2 = h_1 + h \quad \text{et} \quad \omega_2 = \omega_1 + \omega,$$

(h et ω étant le glissement et la rotation qui séparent les deux boucliers centraux). Les équations des deux monoséries, rapportées au même bouclier (P_1E_1) sont alors :

$$h_1 \, tang \frac{\omega_1}{2} = c_1 \quad \text{et} \quad (h_1 + h) \, tang \frac{\omega_1 + \omega}{2} = C^1. \qquad (4)$$

Les racines de ces équations, par rapport aux variables h_1 et ω_1, seront les coordonnées des boucliers communs aux deux monoséries. Or, si on élimine la variable $tang \frac{\omega_1}{2}$, entre ces deux équations, il reste une équation du second degré en h_1 ; et puisqu'à toute valeur de h_1 ne correspond qu'une valeur de $tang \frac{\omega_1}{2}$, on voit que *les deux monoséries M_1 et M_2 ont toujours deux, et seulement deux, boucliers communs.* C. q. f. d.

On peut voir d'une autre manière que la monosérie M est une monosérie linéaire : il suffit de remarquer que dans toute géométrie quadratique, la monosérie linéaire est complètement déterminée par 3 éléments[1] ; ainsi, par exemple, trois règles déterminent un hyperboloïde réglé (monosérie linéaire de règles), trois feuillets déterminent une monosérie linéaire de feuillets. Donc, dans l'espace S_1, trois boucliers doivent déterminer complètement la monosérie M.

C'est en effet ce qui a lieu ; en effet, en développant la seconde des équations (4), qui représente l'équation d'une monosérie M rapportée à un bouclier fixe quelconque, pris comme origine des coordonnées courantes h_1 et ω_1, on obtient une équation de la forme :

$$h_1 \, tang \frac{\omega_1}{2} + Ah_1 + B \, tang \frac{\omega_1}{2} + C = 0,$$

[1] Plus généralement, on peut dire que, dans toute géométrie de degré m, la monosérie linéaire est déterminée par $m + 1$ éléments ; la bisérie linéaire, par $m + 2$ éléments ; la trisérie linéaire, par $m + 3$ éléments ; etc.

où A, B, C désignent des constantes. On pourra donc choisir ces trois constantes de manière à faire passer la monosérie par trois boucliers donnés ; et il n'y a qu'une solution, puisque ces constantes ne figurent qu'au premier degré dans l'équation. En d'autres termes : *par trois boucliers donnés arbitrairement, dans l'espace* S_1, *on peut toujours faire passer une monosérie M, et on n'en peut faire passer, en général, qu'une seule.*

En résumé, *le lieu des boucliers réciproques d'un bouclier fixe, pour un indice donné c, est bien une monosérie linéaire.* Lorsque l'indice c est nul, l'équation de la monosérie linéaire se réduit à

$$h \tang \frac{\omega}{2} = 0 ,$$

et la monosérie sera dite *spéciale.* Elle se décompose alors (autour de la droite S_1) en un faisceau de boucliers ayant une origine P commune, et en une file de boucliers ayant une feuille E commune. On voit donc que deux boucliers sont réciproques pour l'indice zéro, ou plus simplement (sans mention d'indice) : *deux boucliers sont réciproques lorsqu'on peut passer de l'un à l'autre par une simple rotation* (ω), *ou par un simple glissement* (h), *le long de l'axe* S_1. Ou encore : *deux boucliers sont réciproques, dans l'espace* S_1, *lorsqu'ils ont une origine commune* (et des feuilles différentes), *ou une feuille commune* (et des origines différentes).

Signalons encore quelques-unes des analogies qui existent entre les trois géométries quadratiques de l'espace euclidien (boucliers, règles, feuillets) :

Dans l'espace S_1, deux monoséries linéaires ont en commun deux boucliers ; dans l'espace S_3, quatre complexes linéaires ont en commun deux règles, et six monoséries linéaires de feuillets ont en commun deux feuillets.

Dans l'espace S_1, deux boucliers sont réciproques lorsqu'ils ont même origine, ou même feuille (c'est-à-dire lorsque $h = 0$, ou $\omega = 0$) ; dans l'espace S_3, deux règles sont réciproques lorsqu'elles se rencontrent, ou sont parallèles (c'est-à-dire lorsque $h = 0$, ou $\omega = 0$), et deux feuillets sont réciproques lorsqu'on peut passer de l'un à l'autre par une simple rotation, ou par un simple glissement (c'est-à-dire lorsque $h = 0$, ou $\omega = 0$).

Dans l'espace S_3; la bisérie linéaire de feuillets et la monosérie linéaire de règles (hyperboloïde réglé) sont susceptibles d'une double génération. L'hyperboloïde réglé, par exemple, peut être considéré, de deux manières différentes, comme une monosérie linéaire de règles; en outre, ces deux monoséries sont réciproques l'une de l'autre, c'est-à-dire que chaque règle d'une des monoséries est réciproque de chaque règle de l'autre (puisque toute génératrice du premier système rencontre toutes les génératrices du second, et réciproquement). Dans l'espace S_1, la géométrie des boucliers offre un phénomène analogue: un couple de points, P et P^1 associé à un couple de monoèdres, E et E^1, peut être considéré de deux manières différentes comme un couple de boucliers[1]; on peut le considérer comme le couple PE et P^1E^1, ou bien comme le couple PE^1 et P^1E, et les boucliers du premier système sont bien réciproques des boucliers du second, car le bouclier PE, par exemple, est réciproque des boucliers PE^1 et P^1E (puisque les boucliers PE et PE^1 ont une origine P commune, et que les boucliers PE et P^1E ont une feuille E commune).

On pourrait trouver encore beaucoup d'autres analogies entre la géométrie des boucliers dans l'espace S_1 et les autres géométries quadratiques.

Nous nous bornerons à mentionner la suivante, à cause de sa portée générale: *à toute géométrie quadratique à n paramètres correspond une géométrie linéaire à n + 1 paramètres,* obtenue en ajoutant une *cote* à l'élément spatial qui sert de point de départ (règle ou feuillet); il suffit, pour passer de la géométrie quadratique à la géométrie linéaire correspondante, de remplacer l'indice de réciprocité par la somme des cotes des deux éléments réciproques. C'est ainsi que pour passer, par exemple, de la géométrie quadratique des règles à la géométrie linéaire des règles-cotées[2], il suffit de remplacer, dans la relation de réciprocité

$$h \tan g\, \omega = c\,,$$

[1] Dans les géométries quadratiques, le *couple d'éléments* (boucliers, règles ou feuillets) doit être considéré comme la *série linéaire d'ordre zéro* de multiplicité.

[2] Une règle cotée est identique, au point de vue géométrique, à ce que R. S. Ball appelle une vis (voir Theory of Screws, de cet auteur).

l'indice c par la somme des cotes r et r^1 des règles-cotées réciproques $R(r)$ et $R^1(r^1)$, ce qui donne :

$$h \ tang\ \omega = r + r^1 .$$

De même, dans l'espace S_1, il existe, outre la géométrie quadratique des boucliers, une géométrie linéaire de boucliers cotés, qui sera à trois paramètres, puisque celle des boucliers non cotés est à deux paramètres. On arrive ainsi à cette constatation assez curieuse que l'espace à une dimension S_1 est le siège de géométries fondamentales, non seulement à *deux*, mais encore à *trois* paramètres. Ce fait n'a du reste rien d'anormal, puisque nous avons déjà constaté l'existence d'une géométrie fondamentale à 3 paramètres dans l'espace à deux dimensions (géométrie des flèches), ainsi, que de géométries fondamentales à 6, et même à 7, paramètres dans l'espaee à trois dimensions (géométrie des feuillets). Il ne sera pas inutile d'exposer ici les éléments de la géométrie des boucliers cotés, dans l'espace S_1.

Géométrie des boucliers cotés.

Un bouclier coté $B(b)$ est une figure composée d'un bouclier B auquel on a associé une cote b. Pour qu'un tel bouclier fasse partie de l'espace à une dimension S_1, il faut et il suffit que son origine P soit située sur la droite S_1, et que sa feuille E passe par cette droite. Bien entendu, les deux faces de cette feuille constituent des èdres distincts, différenciés par les signes $+$ et $-$. L'individualité d'un bouclier coté $B(b)$ dans l'espace S_1 dépend de trois paramètres: 2 coordonnées h et ω pour définir la position du bouclier B (par rapport à un bouclier fixe B_0, pris comme origine) et une quantité b pour servir de cote au bouclier B.

Boucliers-cotés réciproques. — Soient $B(b)$ et $B^1(b^1)$ deux boucliers-cotés de l'espace S_1 ; h et ω le glissement et la rotation qui permettent d'amener B en coïncidence avec B^1. Nous dirons que ces *deux boucliers-cotés sont réciproques, lorsqu'ils satisfont à la relation :*

$$h \ tang\ \frac{\omega}{2} = b + b^1 . \tag{5}$$

Si le bouclier $B(b)$ est maintenu fixe, le lieu des boucliers

$B^1(b^1)$ réciproques de $B(b)$ sera une *bisérie*, puisque l'équation (5) établit une relation entre les trois paramètres variables h, ω et b^1. En outre, d'après ce que nous avons dit plus haut, la géométrie des boucliers cotés, dans l'espace S_1, sera une géométrie de caractère *linéaire* (dérivée de la géométrie quadratique des boucliers non cotés), et la bisérie représentée par l'équation (5) sera la *bisérie linéaire*, c'est-à-dire la forme fondamentale de cette géométrie. Nous donnerons à cette bisérie linéaire le nom de *bifaisceau.*

Il est à remarquer que tous les boucliers de l'espace S_1 font partie de ce bifaisceau, car les paramètres h et ω peuvent prendre toutes les valeurs possibles ; mais dès que h et ω sont donnés, c'est-à-dire dès que la position du bouclier B^1 est donnée, l'équation (5) détermine univoquement la cote b^1 qui doit être assignée à ce bouclier, pour qu'il fasse partie du bifaisceau (puisque la cote b du bouclier fixe $B(b)$ est donnée).

Réciproquement, si l'on se donne une cote b^1, l'équation (5) représentera une monosérie de boucliers définie par l'équation :

$$h \tang \frac{\omega}{2} = c ,$$

c étant une constante, puisque les cotes b et b^1 sont alors toutes deux données. Cette équation représente une monosérie linéaire de boucliers B^1, puisque cette équation est la même que la relation (3) qui nous a servi à définir le lieu des boucliers B^1 réciproques de B pour l'indice c. D'où le théorème : *dans tout bifaisceau de boucliers-cotés $B^1(b^1)$, l'ensemble des boucliers qui sont affectés d'une même cote b^1 est une monosérie linéaire de boucliers*[1] *(non cotés) B^1.*

Ce théorème correspond dans les autres géométries quadratiques à des théorèmes analogues : par exemple, dans la géométrie des règles-cotées, « l'ensemble des règles d'un tétrafaisceau, qui ont une cote donnée, forme un complexe linéaire (trisérie

[1] En particulier, dans tout bifaisceau le lieu des boucliers de cote nulle est une monosérie linéaire de boucliers (non cotés). Nous constatons donc ici de nouveau, ce que nous avons constaté dans les autres géométries quadratiques, à savoir qu'une figure non cotée est équivalente à une figure cotée dont la cote est nulle.

linéaire de règles, non cotées) » ; ou encore, dans la géométrie des feuillets cotés, « l'ensemble des feuillets d'une hexacouronne, qui ont une cote donnée, forme une pentasérie linéaire de feuillets (non cotés). Plus généralement, dans toute géométrie cotée, l'ensemble des figures, qui ont une cote donnée et qui font partie d'une polysérie linéaire d'ordre n de multiplicité, forme une polysérie linéaire d'ordre $n-1$ de la même figure (non cotée). Ainsi toute polysérie linéaire cotée, d'ordre n, peut être considérée comme formée par l'assemblage d'une infinité de polyséries linéaires non cotées, d'ordre $n-1$, obtenue en donnant à la cote successivement toutes les valeurs possibles, depuis $-\infty$ jusqu'à $+\infty$. Comme la géométrie non cotée est quadratique, tandis que la géométrie cotée correspondante est linéaire, on peut considérer toutes les géométries quadratiques comme des géométries incomplètes, dont les formes ne sont que des parties des formes complètes qui sont réalisées dans les géométries linéaires correspondantes, c'est-à-dire dans les géométries cotées.

Le caractère linéaire de la géométrie des boucliers cotés nous permet d'énoncer, sans autre, les théorèmes suivants, que l'on démontrerait d'ailleurs facilement :

1. *Dans l'espace S_1, trois bifaisceaux ont toujours un bouclier-coté commun, et n'en ont en général qu'un seul.*

2. *Par trois boucliers-cotés, situés d'une manière arbitraire dans l'espace S_1, on peut toujours faire passer un bifaisceau, et on n'en peut faire passer, en général, qu'un seul*[1].

Deux bifaisceaux ont en commun une infinité de boucliers-cotés, formant une *monosérie linéaire,* à laquelle nous donnerons le nom de *monofaisceau.* On a donc encore les théorèmes suivants :

3. *L'intersection de deux bifaisceaux est un monofaisceau.*

4. *Par deux boucliers cotés, situés d'une manière quelconque dans l'espace S_1, on peut toujours faire passer un monofaisceau, et on n'en peut faire passer qu'un seul*[2].

[1] Il résulte de ce théorème, que dans l'espace S_1, *il existe un bouclier-coté réciproque de trois boucliers-cotés donnés,* et il n'en existe, en général, qu'un seul.

[2] Le monofaisceau de boucliers-cotés n'est qu'un cas particulier de la

Soient $B(b)$ et $B^1(b^1)$ deux boucliers donnés et soit M le monofaisceau passant par ces deux boucliers. Construisons le bifaisceau réciproque du bouclier $B(b)$, ainsi que le bifaisceau réciproque du bouclier $B^1(b^1)$; ces deux bifaisceaux se coupent suivant un monofaisceau N. Nous allons démontrer que *les monofaisceaux M et N sont réciproques l'un de l'autre*, c'est-à-dire que tout bouclier-coté appartenant à l'un de ces monofaisceaux est réciproque de tout bouclier-coté appartenant à l'autre monofaisceau. En effet, d'après la construction du monofaisceau N, tout bouclier-coté appartenant à N est réciproque des boucliers $B(b)$ et $B^1(b^1)$; si donc on prend deux boucliers quelconques dans N, le monofaisceau réciproque de ces deux boucliers contiendra $B(b)$ et $B^1(b^1)$; ce monofaisceau réciproque coïncidera donc avec M (puisqu'il n'existe qu'un monofaisceau contenant deux boucliers donnés). Réciproquement, si l'on prend deux boucliers quelconques dans M, le monofaisceau réciproque de ces deux boucliers coïncidera avec N.

Pour construire le monofaisceau N réciproque d'un monofaisceau donné M, on remarque d'abord que *dans tout monofaisceau il existe deux boucliers-cotés, qui ont une cote donnée*[1]; ensuite que *deux boucliers-cotés sont réciproques si les mêmes boucliers,*

monocouronne de feuillets-cotés. Ce cas est celui où la hampe du feuillet coïncide avec l'axe S_1 de la monocouronne. On peut donc construire le monofaisceau passant par 2 boucliers-cotés, comme on construit une monocouronne passant par 2 feuillets cotés : soient B(b) et B'(b') les deux boucliers cotés, donnés dans l'espace S_1 ; soit R une règle quelconque normale à l'axe S_1 ; on construit le bouclier B_0 symétrique de B par rapport à la règle R ; ce bouclier B_0 est alors aussi symétrique de B^1 par rapport à une certaine règle R^1, qui est aussi normale à l'axe S_1 ; on assigne aux règles R et R^1 des cotes r et r^1, respectivement égales à la moitié des cotes b et b^1 ; les deux règles-cotées. $R(r)$ et $R^1(r^1)$ déterminent alors un monofaisceau de règles-cotées (conoïde de Plücker), ayant pour axe l'axe S_1 ; on construit tous les boucliers symétriques du bouclier fixe B_0, par rapport aux différentes génératrices de ce conoïde ; enfin, on assigne à chacun de ces boucliers une cote égale au double de celle de la génératrice correspondante du conoïde. Les boucliers-cotés, ainsi construits, constituent le monofaisceau passant par les deux boucliers donnés $B(b)$ et $B^1(b^1)$.

[1] Cette propriété se retrouve dans toutes les géométries cotées ; ainsi, dans le monofaisceau de règles-cotées, il existe deux règles ayant une cote donnée ; dans la monocouronne de feuillets cotés, il existe deux feuillets ayant une cote donnée.

non cotés, sont réciproques (c'est-à-dire si $h = 0$, ou $\omega = 0$) *et si la somme de leurs cotes est nulle* (car alors la relation de réciprocité $h \tang \frac{\omega}{2} = b + b'$ se réduit à $0 = 0$)[1]. On a donc la construction suivante : Pour construire le monofaisceau N réciproque d'un monofaisceau donné M, on prend dans M deux boucliers PE et $P'E'$ de même cote (b) ; en intervertissant les origines P et P', ainsi que les feuilles E et E' de ces boucliers, on obtient deux nouveaux boucliers PE' et $P'E$ qui, d'après les remarques précédentes, seront réciproques des deux premiers, pourvu qu'on leur donne une cote égale et de signe contraire ($-b$). Les boucliers PE' et $P'E$, affectés de la cote ($-b$), font partie du monofaisceau réciproque N (puisqu'ils sont réciproques de deux boucliers-cotés appartenant à M). En faisant varier la cote b, on pourra construire tout le monofaisceau N.

Les deux monofaisceaux réciproques M et N sont intimement unis l'un à l'autre, puisqu'ils se composent chacun d'une famille de boucliers accouplés deux à deux par une cote commune, de telle façon que chaque couple de cote b dans M est composé de boucliers ayant les mêmes origines et les mêmes feuilles que ceux du couple de même cote dans N ; les origines et les feuilles du couple sont seulement interverties, et le signe de la cote est changé[2].

Correspondance entre les espaces à une et à deux dimensions. — Il existe deux sortes d'espaces à deux dimensions : l'espace *plan*, formé des points et des règles situés dans un même plan, et l'espace *angulaire*, formé des règles et des èdres attachés à un même point-centre. Or, il y a autant de boucliers-cotés, dans l'espace à une dimension, que de flèches dans l'espace plan, ou de drapeaux dans l'espace angulaire ; et comme les trois géomé-

[1] Cette propriété se retrouve aussi dans toutes les géométries cotées : ainsi, par exemple, deux règles-cotées sont réciproques lorsque ces règles se rencontrent ($h = 0$ ou $\omega = 0$) et que la somme de leurs cotes est nulle.

[2] Cette construction des monofaisceaux réciproques est à rapprocher de celle des bifaisceaux réciproques dans la géométrie des règles-cotées : on sait que les règles d'un bifaisceau, qui ont une même cote r, forment un hyperboloïde (monosérie linéaire), dont le second système de génératrices (système réciproque) appartient au bifaisceau complémentaire, à condition de donner à ces génératrices une cote égale et de signe contraire ($-r$).

tries, correspondant à ces trois éléments, sont toutes trois linéaires et unisexuelles, on peut établir entre elles une correspondance parfaite: au bouclier-coté attaché à la droite S_1, on fera correspondre une flèche attachée au plan S_2, ou un drapeau attaché au pivot S_2^1. A deux boucliers-cotés réciproques, correspondront deux flèches réciproques (flèches contraires dans le plan S_2), ou deux drapeaux réciproques (drapeaux réflexes attachés au pivot S_2^1). Au monofaisceau de boucliers-cotés, correspondra la couronne de flèches, ou la couronne de drapeaux; aux monofaisceaux réciproques, correspondront les couronnes réciproques (couronnes contraires, de flèches, ou couronnes réflexes, de drapeaux). Au bifaisceau de boucliers-cotés, correspondra le coronoïde de flèches, ou de drapeaux. Etc., etc.

Correspondance entre les espaces à une et à trois dimensions. — Il y a autant de boucliers-cotés dans l'espace à une dimension S_1 que de points ou d'èdres dans l'espace à trois dimensions S_3. On peut donc faire correspondre à tout bouclier coté de l'espace S_1 un point, ou un èdre, de l'espace S_3; et comme la géométrie des boucliers-cotés est linéaire, on pourra la faire correspondre à la géométrie des points et des èdres, dans l'espace S_3. La seule différence est que la première de ces géométries est unisexuelle, tandis que la seconde est bisexuelle, c'est-à-dire que le bouclier-coté de l'espace S_1 correspondra, dans l'espace S_3, tantôt à un point, tantôt à un èdre.

Ainsi, par exemple, à deux boucliers-cotés réciproques correspondront un point et un èdre réciproques (c'est-à-dire, un point et un èdre passsant par ce point).

A un bouclier-coté et à son bifaisceau réciproque, correspondront dans l'espace S_3: ou bien, un point et la bisérie des èdres passant par ce point; ou bien, un èdre et la bisérie des points situés dans le plan de cet èdre.

A deux monofaisceaux réciproques, correspondra, dans l'espace S_3, une ligne droite considérée sous ses deux aspects: monosérie de points ou faisceau d'èdres. Etc., etc.

Résumé.

En résumé, l'espace à une dimension contient trois figures fondamentales : le *point*, l'*èdre* et le *bouclier*.

Le point et l'èdre ne donnent naissance à aucune géométrie digne de ce nom, parce qu'il n'existe pas de géométries à un seul paramètre.

L'espace à une dimension ne donne donc lieu qu'à deux géométries fondamentales :

1. La *géométrie des boucliers*, qui est une géométrie unisexuelle, à deux paramètres et de caractère quadratique. Cette géométrie est basée sur la relation de réciprocité :

$$h \tang \frac{\omega}{2} = c ,$$

avec, comme cas particulier :

$$h \tang \frac{\omega}{2} = 0 .$$

Les formes fondamentales de cette géométrie sont : le *couple de boucliers* et la *monosérie linéaire* (déterminée par 3 boucliers), avec, comme cas particulier la monosérie linéaire *spéciale.*

2. La *géométrie des boucliers cotés*, qui est une géométrie unisexuelle, à trois paramètres et de caractère linéaire. Cette géométrie est basée sur la relation de réciprocité :

$$h \tang \frac{\omega}{2} = b + b^1 ,$$

et ses formes fondamentales sont : le *monofaisceau* (déterminé par 2 boucliers cotés) et le *bifaisceau* (déterminé par 3 boucliers cotés).

On pourrait imaginer, dans l'espace S_1, des géométries à plus de 3 paramètres ; ainsi, par exemple, on pourrait prendre, comme élément spatial de cet espace, un monofaisceau, en considérant ce monofaisceau, non plus comme une monosérie, mais comme un tout indivisible ; on obtiendrait ainsi une géométrie à 4 paramètres de l'espace S_1, qui correspondrait à la géométrie réglée de l'espace S_3. Mais une telle géométrie ne serait plus une géométrie *fondamentale*, puisque son élément spatial ne ferait plus partie des sept figures fondamentales de l'espace euclidien.

Remarque. — Un bouclier mobile dans l'espace à une dimension S_1 est équivalent à un corps solide quelconque libre de

tourner ou de glisser sur la droite fixe S_1 ; en d'autres termes, si l'on dépouille ce corps solide de sa forme et de sa grandeur, il ne reste plus qu'un bouclier mobile dans l'espace S_1. Ainsi un corps solide, mobile dans l'espace à une dimension peut occuper, dans cet espace une double infinité de positions différentes. (On sait d'ailleurs qu'un corps solide peut occuper ∞^3 positions différentes dans l'espace à deux dimensions, et ∞^6 positions différentes dans l'espace à trois dimensions, car ce corps est équivalent dans le premier cas, à une flèche mobile dans un plan, ou à un drapeau mobile autour d'un pivot, et, dans le second cas, à un feuillet mobile dans l'espace).

Etant donnés deux corps solides égaux, dans l'espace à trois dimensions, on sait que l'on peut amener le premier en coïncidence avec le second par une rotation et un glissement sur une certaine droite S_1, d'ailleurs unique. Ce théorème peut maintenant s'énoncer d'une façon plus simple et plus rationnelle, de la façon suivante : de même que par deux points quelconques on peut toujours faire passer une ligne droite, et une seule, de même *par deux positions quelconques d'un corps solide, on peut faire passer un espace à une dimension S_1, et on n'en peut faire passer qu'un seul.* *(A suivre.)*

DÉTERMINATION DE LA TEMPÉRATURE

AUX

ÉLECTRODES DE L'ARC

PAR

A. HAGENBACH et K. LANGBEIN

Il est important tant au point de vue théorique que pratique de connaître la marche de la température de l'arc aux électrodes. Sauf pour l'arc au charbon, on ne possède jusqu'ici aucune mesure; c'est pourquoi il a paru désirable d'entreprendre des recherches complémentaires et d'effectuer des mesures avec les arcs métalliques.

Seules les méthodes optiques peuvent être prises en considération, et, parmi celles-ci, c'est la méthode des isochromatiques, telle qu'elle a déjà été appliquée par Lummer[1] à l'arc au charbon, qui nous a semblé offrir le plus de chances de succès. Elle repose sur le fait que le logarithme de l'émission est une fonction linéaire de l'inverse de la température absolue pour toutes les longueurs d'onde. Si l'on compare au moyen d'un spectrophotomètre les intensités monochromatiques de deux sources lumineuses, dont l'une émet le rayonnement noir et possède une température constante, puis si l'on fait varier cette dernière, on a la relation :

[1] Lummer, O., *Verflüssigung der Kohle und Herstellung der Sonnentemperatur*, Sammlung Vieweg, 1914, Heft 9/10.

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{E'_\lambda}{E''_\lambda}$$

où H_1 et H_2 sont les intensités optiques, et E'_λ et E''_λ les énergies correspondantes. En photométrant dans les diverses couleurs, on peut construire les isochromatiques. Elles se coupent toutes en un point, lorsqu'on a affaire à un radiateur noir ou gris. Ce point d'intersection représente l'inverse de la température, pour laquelle il n'y aurait plus de différence aucune dans toutes les couleurs du rayonnement des deux sources, autrement dit, il représente la température vraie cherchée. Si le rayonnement n'est pas noir, les deux isochromatiques ne se coupent plus en un point, mais les points d'intersection donnent cependant en moyenne la température vraie, avec une incertitude vers le haut ou vers le bas qu'il faut estimer et qui n'est pas très grande, comme le montre l'expérience.

D'abord, il est nécessaire de connaître la température de la source de comparaison. Dans notre cas, on se servait d'une lampe à filament de charbon, le filament non préparé ayant la forme d'un U simple. D'après Lummer, on a l'équation :

$$0{,}2388\ IV = \mu F T^4 ,$$

où I est l'intensité du courant, V la tension aux extrémités du filament incandescent, F la surface rayonnante, T la température et μ une constante. Sauf T, tout est facile à mesurer ; μ est connu, mais non avec une certitude suffisante. Comme H. Kohn[1] notamment et nous-mêmes l'avons montré par des mesures, μ varie avec la fabrication du filament. Toutefois, on possède encore un autre moyen pour déterminer la température de celui-ci. On connaît d'après Kohn les courbes qui indiquent les watts par bougie Hefner en fonction de la température ; dans les limites des observations, l'allure des courbes est la même pour tous les filaments préparés ou non préparés. Si donc on détermine photométriquement en lumière blanche, avec un photomètre de Lummer et Brodhun, le nombre de bougies Hefner horizontales, et si l'on

[1] Kohn, H. *Ann. Phys. 53*, p. 333, 1907.

mesure en même temps les watts consommés pour différentes charges, il est possible de lire la température correspondante sur la courbe. Ainsi, on a pu déterminer la valeur de μ pour les différentes lampes employées.

Avec les filaments non préparés des lampes fabriquées pour nous par la « Glühlampenfabrik, Zürich », on a trouvé :

$$\mu = 1{,}060 \frac{\text{gr. cal.}}{\text{cm}^2 \text{ sec degré}^4},$$

et avec les préparés :

$$\mu = 0{,}745 .$$

En utilisant une lampe de cette sorte à filament non préparé, on a d'abord comme contrôle photométré la base anodique de l'arc entre charbons homogènes de Siemens; on se servait, à cet effet, d'un spectrophotomètre de König-Martens, dernier modèle de Schmidt et Hännsch (Berlin). La température trouvée était de 4200° $\pm$ 1 %, en complet accord avec E. Benedict[1].

Dans cette mesure comme dans toutes les suivantes, l'électrode de l'arc et le filament étaient projetés chacun sur une glace dépolie. Une couverture en papier noir présentait une ouverture de 3 mm pour laisser passer la lumière. Pendant les lectures, on avait toujours soin de faire tomber la partie la plus claire de la base à mesurer sur l'ouverture, et ainsi sur le photomètre, ce qui bien entendu devait être constaté par un second observateur. La fente bilatérale du photomètre avait une ouverture de 0,04 mm au maximum, en général de 0,02 à 0,03 seulement. La fente de l'oculaire était mise sur 0,2 mm.

Les *mesures avec l'arc métallique* étaient beaucoup plus difficiles à cause de l'instabilité. A la cathode, il était en partie presque impossible de les effectuer, tandis qu'à l'anode, on put obtenir des résultats très satisfaisants.

D'abord, il fallut déterminer l'*influence de la lumière de l'arc* (spectre de lignes) par rapport au rayonnement de la base (spectre continu).

Il y a toujours une partie de la lumière de l'arc qui tombera aussi dans le photomètre, et pour déterminer de combien celle-ci

[1] Benedict, E. *Ann. Phys. 47*, p. 641, 1915.

peut influencer la mesure de la température dans le cas le plus défavorable, l'arc était d'abord photométré seul, et cela, pour différentes intensités tout le long du spectre. La représentation graphique indiqua tout de suite à quels endroits du spectre l'influence était la plus faible, et ceux-ci furent choisis naturellement comme base photométrique. Mais on pouvait aussi calculer facilement à l'aide des épreuves la grandeur de l'effet de l'arc dans le cas où l'on photométrait simultanément la partie de même grandeur de l'arc. On pouvait, en d'autres mots, déterminer de combien la température de la base du courant semblait plus élevée dans le cas le plus défavorable. Cet effet est plus grand pour les fortes que pour les faibles intensités. Dans ce cas, les électrodes étaient placées l'une sur l'autre pendant la mesure, tandis que pour la photométrie, l'électrode à mesurer était horizontale et l'autre placée dessous verticalement.

Les isochromatiques étaient des droites dans les limites des erreurs d'observation, et se coupaient en un point. Chaque droite était déterminée par 4 à 5 points du spectre. Lorsque la température de l'arc était très élevée (W), le point d'intersection était éloigné des valeurs observées, ce qui influençait défavorablement l'exactitude des mesures; mais, avec les arcs à basse température, le point d'intersection pouvait être amené entre les valeurs observées (Zn), et ce point se trouvait défini très exactement. Les détails ainsi que les tableaux numériques seront publiés ailleurs.

Les mesures effectuées avec de l'*argent,* du *cuivre,* du *fer,* du *nickel* et du *tungstène* ont donné les résultats suivants :

Avec l'arc au charbon, la base positive possède toujours la même température, quelle que soit l'intensité du courant. Avec les métaux étudiés, les choses ne sont pas si simples. Les métaux argent, cuivre, fer, nickel présentent dans l'air un accroissement de l'éclat lorsque l'intensité du courant augmente ; l'accroissement est maximum avec l'argent et minimum avec le nickel. Le premier métal ne pouvait plus être photométré à cause de la trop faible intensité lumineuse. Une étude soignée faite avec le cuivre, le fer et le nickel montra qu'à partir des petites intensités de courant, l'intensité du rayonnement augmente, puis reste constante à partir d'une certaine valeur. Avec le cuivre, la température monta de

2235° abs. pour 2 ampères jusqu'à 2430°-50° pour 10 ampères, valeur qui resta invariable jusqu'à 18 ampères. Pour l'arc au fer, la température augmenta de 2585° abs. jusqu'à 2605°, lorsque le courant passa de 2 à 6 amp., puis resta constante jusqu'à 17 amp. La température dans l'arc au nickel ne s'éleva que de quelques degrés à partir de 2430° abs., lorsque l'intensité du courant augmenta de 2 à 4 amp., et demeura alors invariable. Avec le tungstène, on ne put constater aucune augmentation; la température était comprise entre 4150° et 4250° abs.

On aurait pu supposer que le changement provenait de l'accroissement de l'arc; mais l'étude quantitative montra que cela n'est pas possible. Avec le cuivre, l'influence de la lumière de l'arc, dans les conditions les moins favorables, pouvait accroître la température de 20° pour une faible intensité de courant et de 80° seulement pour la plus forte, tandis que nous avons trouvé 200°. Si l'on compare l'effet sur différents métaux, il saute aux yeux que celui-ci est d'autant plus marqué que la conductibilité du métal est plus grande. L'argent est si bon conducteur qu'en employant des électrodes de petit diamètre (0,8 cm), nous n'avons pas pu atteindre approximativement, sans risquer de les fondre, l'intensité du courant qui, après un léger accroissement, ne produit plus d'augmentation. Pour le cuivre, il a été possible de montrer par une série de mesures, que le refroidissement artificiel des électrodes abaisse la température (jusqu'à 2165°), mais que, par contre, une diminution de la quantité de chaleur enlevée l'augmente.

Nous avons désigné par température d'ébullition *du métal, celle à partir de laquelle une élévation de l'intensité du courant ne produit plus d'augmentation de température.*

Les températures des électrodes *négatives* sont plus basses dans tous les cas examinés. En outre, il faut encore remarquer que, pour une intensité donnée, la grandeur de la base par laquelle pénètre le courant est d'autant plus petite que la température est plus élevée. La relation exacte, qui, bien entendu, est régie par les rapports énergétiques, n'a pas encore été déterminée.

Nous résumons ci-dessous les résultats obtenus, et reproduisons en outre les températures d'ébullition données par dif-

férents savants, lorsque nous avons pu trouver les indications nécessaires.

	Mesures à l'arc. Températures absolues.		Autres mesures de la température d'ébullition. Températures absolues.
	Anode	Cathode	
Cuivre	2430°-2450°	Environ 1000° plus bas; augmente aussi avec l'intensité du courant.	2370° Féry[1] 2570° v. Wartenberg[2] 2680° Greenwood[3]
Fer	2585°-2605°	2430°	2575° Ruff[4] 2730° Greenwood[3]
Nickel	2430°-2450°	2365°	D'après Moissan[5] le nickel se volatilise plus facilement que le fer.
Tungstène	4150°-4250°	3000°	

Les résultats sont quelque peu inattendus avec l'*aluminium*, le *magnésium* et le *zinc*. Les températures étaient alors démesurément élevées, ce qu'on pouvait déjà constater à l'œil nu sur le rayonnement total. Les déterminations ont donné aussi bien à l'électrode positive qu'à la négative :

Al : 3350°-3450° abs ; Zn : 2350° ; Mg : 3000° .

Ces températures sont beaucoup plus élevées que les températures d'ébullition trouvées par d'autres procédés :

Al : 2070° (1) ; Zn : 1190° (2) ; Mg : 1390° (1) .

Avec ces métaux, on a affaire à des corps facilement oxydables dans l'arc, et, vraisemblablement, la base du courant n'est pas formée de métal incandescent, mais bien d'oxyde métallique. En faveur de cette hypothèse, on peut citer le fait que le bord de la base est plus éclatant que l'endroit de jonction proprement

[1] Féry, M. *Ann. Chim. Phys.* (7) *28*, p. 428, 1903.
[2] Wartenberg, H. v. *Ztschr. f. anorg. Chem.* *56*, p. 320, 1908.
[3] Greenwood, H.-C. *Proc. Roy. Soc.* A. *82*, p. 396, 1909.
[4] Ruff, O *Metallurgie*, Halle, *8*, p. 461.
[5] Moissan, H. *C. R.* *142*, p. 425, 1906.

dit, et c'est la partie la plus éclatante qui était toujours étudiée. Des recherches où l'on évitait l'oxydation ont toujours confirmé cette supposition.

L'arc au zinc était enfermé dans un récipient rempli d'azote. L'anode était si peu chaude qu'elle ne pouvait plus être photométrée. L'aluminium donna 2230°, donc 1000° de moins que dans l'air. Le magnésium produisit une grande formation de nitrates et ne put être mesuré. Les métaux cuivre, fer, et nickel, par contre, conduisaient aux mêmes valeurs dans l'azote que dans l'air. La base du courant est donc sans doute le métal même pour ces derniers, tandis qu'elle est formée entièrement ou partiellement d'oxyde pour les premiers; celui-ci est chauffé probablement jusqu'à ébullition.

Le *résultat principal* du présent travail peut être résumé comme suit: Pour des intensités de courant pas trop faibles, les anodes des arcs métalliques (Ag, Cu, Fe, Ni, W) s'échauffent à la base du courant jusqu'à la température d'ébullition, tandis que les cathodes s'échauffent moins. Si la base est fortement oxydée et formée d'un oxyde à haute température d'ébullition (Al, Zn, Mg), la température s'élève beaucoup plus, probablement jusqu'à la température d'ébullition de l'oxyde métallique. Si l'on empêche l'oxydation de se former en utilisant l'azote comme gaz, la température s'abaisse jusqu'à la température d'ébullition du métal. La température de la cathode est la même que celle de l'anode avec les oxydes métalliques.

[1] Greenwood, *l. c.*
[2] Bertholet, D. *C. R.* 134, p. 705, 1902.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AUX

FORTIFICATIONS DE SAINT-MAURICE

pendant l'année 1918.

Décembre 1917 à Mai 1918.

(HIVER ET PRINTEMPS 1918)

Changements introduits dans la publication de ces observations.

Après avoir fait paraître dans les *Archives des Sciences physiques et naturelles de Genève*[1] des *moyennes de vingt ans* pour la plupart des éléments météorologiques observés aux Forts de St-Maurice, nous continuons la publication des observations qui y sont faites, sous une forme abrégée et un peu différente.

L'Institut météorologique central de Zurich a bien voulu décharger l'Observatoire de Genève du principal travail de réduction des observations, et nous lui en exprimons notre reconnaissance.

Les changements que, d'accord avec l'Institut de Zurich, nous avons introduits à partir de la vingt et unième année, portent sur le fond et sur la forme. Nous renonçons à la réduction systématique des observations du *baromètre* qui sont de beaucoup les moins importantes au point de vue climatologique.

[1] *Arch. 1918*, vol. 46, p. 151. Gautier, Raoul et Rod, Ernest. « Moyennes de 10 à 20 ans pour les éléments météorologiques observés aux Fortifications de Saint-Maurice », 1908-1917 et 1898-1917.

Une série de vingt ans d'observations de la pression atmosphérique fournit des moyennes très suffisamment exactes ; les pressions extrêmes, qui sont les plus intéressantes, pourront toujours être relevées et notées.

Nous n'avons, en revanche, introduit aucun changement pour les autres éléments météorologiques observés aux Forts ; mais nous avons pu réduire notre publication à *une page pour chaque mois,* en introduisant les *signes conventionnels* suivants, généralement adoptés, à la place des remarques qui figuraient antérieurement sous la rubrique « observations diverses ».

Raoul Gautier.

Signes conventionnels.

≡ brouillard une partie de la journée.
≡ » tout le jour.
* neige.
⊠ neige sur le sol.
▲ grêle.
△ grésil.
K orage.
F fœhn.

MOIS DE DÉCEMBRE 1917

Jours du mois	Thermomètre Temp. moyenne		Hygromètre Frac. de sat. moy.		Nébulosité moyenne			Pluie, neige, brouillard, neige sur le sol, fœhn. etc... Lavey			Savatan			Dailly			Aiguille			Orages
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Divers	Pluie	Neige	Divers	Pluie	Neige	Divers	Pluie	Neige	Divers	
	°	°	%	%				mm	cm		mm	cm		mm	cm		mm	cm		
1	**4.3**	**4.1**	85	68	10	8	8						≡			[*]			[*]	
2	2.1	− 1.4	81	88	10	10	9	3.3	2		5.3	3		8.3	6	[*]	8.0	6	[*]	
3	− 2.5	− 6.3	51	76	6	7	7	0.8	1	[*]	2.6	2	[*]	3.1	4	[*]	3.2	4	[*]	
4	− 3.7	− 6.7	95	86	7	7	7	0.7	1	[*]	1.4	2	≡ [*]	2.0	3	[*]	2.1	3	[*]	
5	− 5.9	− 6.7	57	56	0	0	0			[*]			[*]			[*]			[*]	
6	− 4.0	− 2.7	51	31	1	1	1			[*]			[*]			[*]			[*]	
7	− 2.6	0.8	48	**26**	0	0	1			[*]			[*]			[*]			[*]	
8	− 0.7	1.3	56	29	1	0	1						[*]			[*]			[*]	
9	− 1.6	1.1	69	30	4	3	3						[*]			[*]			[*]	
10	2.2	2.7	59	34	7	5	6						[*]			[*]			[*]	
11	− 1.1	0.9	93	33	8	6	2						≡			[*]			[*]	
12	− 4.2	− 6.9	95	97	7	7	7						≡			≡ [*]			≡ [*]	
13	− 3.8	− 3.7	71	64	1	0	1									[*]			[*]	
14	− 3.3	1.3	79	35	4	0	1									[*]			[*]	
15	− 0.1	− 2.4	78	88	10	10	9									≡ [*]			≡ [*]	
16	− 0.3	− 4.5	**46**	52	10	7	7									[*]			[*]	
17	1.8	− 1.5	**46**	44	10	8	9									[*]			[*]	
18	− 1.9	0.8	88	55	10	10	5									[*]			[*]	
19	− 1.8	3.2	94	42	8	7	3						≡						[*]	
20	− 1.7	2.6	85	35	10	2	1			≡									[*]	
21	− 3.8	− 0.1	100	35	10	7	1						≡						[*]	
22	− 4.5	− 8.1	100	97	10	10	10									≡			≡	
23	− 4.7	− 8.5	86	92	10	10	10									≡				
24	− 3.9	− 8.6	61	69	10	10	10				0.2			0.3	1		0.5	2		
25	− 3.3	− 8.7	93	95	10	10	10	**10.0**	**15**	[*]	**9.0**	**18**	[*]	**9.2**	**19**	[*]	**9.1**	**20**	[*]	
26	− 5.9	−11.7	88	92	9	10	10	3.7	7	[*]	5.6	13	[*]	5.0	13	[*]	4.7	13	[*]	
27	− 9.8	**−13.2**	72	79	0	4	2			[*]			[*]			[*]			[*]	
28	**−11.4**	−12.6	69	77	0	3	3			[*]			[*]			[*]			[*]	
29	− 8.7	− 9.0	87	82	2	4	1			[*]	0.9	1	[*]	0.1	1	[*]	0.2	2	[*]	
30	− 5.9	− 5.6	100	100	10	10	10			[*]	1.8	2	≡ [*]	0.7	2	[*]	0.8	2	[*]	
31	− 4.1	− 2.4	99	67	5	4	1			[*]			[*]			[*]			[*]	
Mois	−3.06	−3.64	77	63	6.5	5.8	5.0	18.5	26		26.8	41		28.7	49		28.6	52		

MOIS DE JANVIER 1918

Jours du mois	Thermomètre Temp. moyenne		Hygromètre Frac. de sat. moy.		Nébulosité moyenne			Pluie, neige, brouillard, neige sur le sol, fœhn, etc... Lavey			Savatan			Dailly			Aiguille			Orages
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Divers	Pluie	Neige	Divers	Pluie	Neige	Divers	Pluie	Neige	Divers	
	°	°	%	%				mm	cm		mm	cm		mm	cm		mm	cm		
1	− 2.3	− 1.1	76	44	10	8	4									[*]			[*]	
2	− 3.9	− 2.4	90	48	3	7	0									[*]			[*]	
3	− 4.1	− 6.1	83	82	3	8	3									[*]			[*]	
4	− 8.3	− 6 9	86	68	3	3	2									[*]			[*]	
5	− 7.5	− 3.6	61	34	0	0	0									[*]			[*]	
6	− 2.3	0.5	45	**24**	3	0	1									[*]			[*]	
7	3 2	− 0.6	75	77	10	10	10	12.5			11.6			10 3	7	≡ [*]	10.2	7	≡ [*]	
8	− 2.1	− 5.5	100	100	10	10	10	**19.0**	**13**	[*]	**25.0**	**19**	[*]	**25.7**	**42**	[*]	**25.9**	**44**	[*]	
9	− **9.4**	**−10.8**	92	100	10	10	10	4 7	9	[*]	3.9	6	[*]	4.8	6	[*]	4.7	6	[*]	
10	− 4.4	− 5.1	99	95	9	9	7	5.1	10	[*]	4.8	6	[*]	2.1	4	[*]	2.2	4	[*]	
11	− 5.2	− 3.6	86	57	4	0	1						[*]			[*]			[*]	
12	− 2.9	0 4	65	51	10	4	5	0.8			4.2	4	[*]	1.6	3	[*]	1.2	3	[*]	
13	1.1	− 1.2	97	100	10	10	10	5.2			7.9	1	[*]	8.4	6	≡ [*]	8.2	7	[*]	
14	− 1.2	− 1.1	74	42	1	0	0						[*]			[*]			[*]	
15	1.9	4 0	73	67	10	10	10	8.2			12.2		[*]	11.4		[*]	11.3		[*]	
16	4.2	5.0	97	70	10	9	8	17.6			18.0			16.1		[*]	16.2		[*]	
17	6.1	6.2	62	41	2	2	3				0.2			0.1		[*]	0.2		[*]	
18	8 2	6.2	47	42	10	9	5			F	0.2		F			F [*]			F [*]	
19	9.1	4.3	34	48	4	4	3			F			F			F [*]			F [*]	
20	9.9	5.1	28	41	3	3	7			F			F			F			F [*]	
21	10.5	5.8	**24**	31	4	5	5			F			F			F			F [*]	
22	**11.1**	5.8	**24**	36	8	7	7			F			F			F			F [*]	
23	7.7	5.3	56	44	9	9	7												[*]	
24	5.8	5.0	54	47	0	1	0												[*]	
25	3.7	**6.8**	54	32	3	0	0			≡										
26	2.7	5.9	65	37	10	0	0			≡										
27	1.7	4.5	70	38	10	0	0			≡										
28	− 1.3	4.8	87	33	10	0	0			≡										
29	− 1.3	3.8	73	31	10	1	1			≡										
30	− 2.8	3.9	87	32	10	0	1			≡										
31	− 2.9	3 7	100	32	10	3	1			≡			≡							
Mois	0.81	1.26	70	52	6.7	4.6	3.9	73.1	32		88.0	36		80.5	68		80.1	71		

MOIS DE FÉVRIER 1918

Jours du mois	Thermomètre Temp. moyenne		Hygromètre Frac. de sat. moy.		Nébulosité moyenne			Pluie, neige, brouillard, neige sur le sol, fœhn, etc... Lavey			Savatan			Dailly			Aiguille			Orages
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Divers	Pluie	Neige	Divers	Pluie	Neige	Divers	Pluie	Neige	Divers	
	°	°	%	%				mm	cm		mm	cm		mm	cm		mm	cm		
1	− 2.5	3.0	90	29	10	0	0			≡										
2	− 2.1	3.8	85	24	4	0	0													
3	− 4.1	3.3	**92**	**21**	0	0	0													
4	− 1 1	2.3	61	23	0	0	0													
5	− 0.9	3.3	55	25	0	3	1													
6	1.5	3.6	62	25	6	7	5													
7	5.4	4.7	**36**	29	3	2	2													
8	5.2	5 0	38	29	0	2	1													
9	6 0	4.1	45	40	3	5	2													
10	5.1	3.0	48	48	0	1	1													
11	5.9	**5.3**	38	30	0	0	1													
12	5.3	4.1	38	32	0	0	0													
13	4.5	2.5	46	60	4	4	5	2.0			2.2			1.3	3		1.2	3		
14	4.9	0.6	80	89	8	9	7	0.3			0.5					[*]			[*]	
15	0.1	− 2.8	62	55	2	1	1									[*]			[*]	
16	− 4.3	**− 7 0**	51	42	0	0	1												[*]	
17	**− 4.4**	− 3 1	61	35	0	2	1													
18	− 3.8	− 2.4	72	48	0	0	1													
19	− 2.5	− 2.4	85	41	0	0	1													
20	− 0.9	− 1.5	61	32	0	0	1													
21	1.9	− 0.9	39	33	9	8	5	0.9			0 9			1.4	2	[*]	1 6	3	[*]	
22	3.7	0.0	63	85	10	10	9							0.2		[*]	0.1		[*]	
23	**6.4**	3.9	69	63	3	4	4												[*]	
24	5.1	3.8	79	48	0	0	0													
25	3.2	0 1	87	**91**	9	10	9	3.0		≡	4.8		≡	6.6	4		6.8	4		
26	2.7	− 0.8	66	72	3	3	4									[*]			[*]	
27	2.7	1.2	61	40	0	0	1									[*]			[*]	
28	3.3	− 0.1	53	50	9	9	8	**11.0**	**3**		**12.0**	**8**		**11.3**	**10**		**11 9**	**10**		
Mois	1.65	1 31	62	44	3.0	2 9	2.5	17.2	3		20.4	8		20.8	19		21.6	20		

MOIS DE MARS 1918

Jours du mois	Thermomètre Temp. moyenne		Hygromètre Frac. de sat. moy		Nébulosité moyenne			Pluie, neige, brouillard, neige sur le sol, fœhn, etc... Lavey			Savatan			Dailly			Aiguille			Orages
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Divers	Pluie	Neige	Divers	Pluie	Neige	Divers	Pluie	Neige	Divers	
	°	°	%	%				mm	cm		mm	cm		mm	cm		mm	cm		
1	– 1.3	– 4.5	100	96	10	10	10	16.0	12	[*]	19.5	20	[*]	23.7	17	[*]	23.5	17	[*]	
2	– **1.6**	– **4.7**	100	100	10	10	7	**20.0**	**22**	[*]	**25.0**	**25**	≡ [*]	**30.0**	**27**	≡ [*]	**30.2**	**28**	≡ [*]	
3	0.0	– 3.6	95	97	6	7	2			[*]			≡ [*]	0.2		[*]	0.1	1	[*]	
4	– 0.1	– 2.4	82	86	2	5	1			[*]			[*]			[*]			[*]	
5	1.4	– 0.7	58	41	4	2	1						[*]			[*]			[*]	
6	2.3	1.0	47	**26**	2	0	0									[*]			[*]	
7	1.5	1.5	64	37	0	0	1												[*]	
8	1.9	2.1	67	42	0	0	1													
9	3.3	1.5	54	39	0	1	1													
10	4.3	1.3	47	37	2	1	1													
11	4.7	2.3	43	36	1	0	1													
12	5.9	2 1	39	36	0	1	1													
13	5.2	1.9	41	34	0	0	1													
14	5.3	1 7	45	39	1	3	2													
15	4.7	0.1	49	55	5	5	4													
16	8.1	2.7	**24**	31	1	2	3													
17	7.3	3.7	40	36	0	2	3													
18	7 6	4.8	44	37	2	0	2													
19	9.6	4.9	36	31	10	9	6	8.3			9.0			8.1	1		8.0	1		
20	5.1	0.5	87	83	10	9	9	0.3			0.2			0.1		≡ [*]			[*]	
21	6.5	2.3	69	64	1	1	4												[*]	
22	7.4	3.6	54	55	3	1	1													
23	7.5	5.8	67	49	2	2	2													
24	8.6	**8.1**	68	47	0	0	2													
25	**9.7**	4.8	61	64	4	4	3													
26	2.7	– 2.5	53	68	5	7	7													
27	4.8	– 2.8	44	48	0	0	1													
28	4.8	3.4	39	33	6	6	4	2.8			4.0			6.7	7		6.8	7		
29	5.7	1.5	60	65	10	6	8	2.5			3.1			1.2		[*]	1.3		[*]	
30	4.9	3.8	85	66	7	6	7	3 0			3.6			3 2			3.1		[*]	
31	5.9	3.1	88	84	9	7	6									≡			≡	
Mois	4.64	1.53	60	54	3.6	3.5	3.3	52.9	34		64.4	45		73.2	52		73.0	54		

MOIS D'AVRIL 1918

Jours du mois	Thermomètre Temp. moyenne		Hygromètre Frac. de sat. moy.		Nébulosité moyenne			Pluie, neige, brouillard, neige sur le sol, fœhn, etc. — Lavey			Savatan			Dailly			Aiguille			Orages
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Divers	Pluie	Neige	Divers	Pluie	Neige	Divers	Pluie	Neige	Divers	
	°	°	%	%				mm	cm		mm	cm		mm	cm		mm	cm		
1	7.5	4.0	78	67	8	9	9	1.0			2.1			1.7		·	1.6			
2	4.0	1.2	90	83	10	7	7	0.5			0.9					≡			≡	
3	6.7	3.4	45	40	3	3	3													
4	10.7	5.7	**35**	**33**	6	4	6													
5	9.9	5.4	65	45	7	6	4	1.2						1.2			1.3			
6	8 9	4.4	63	80	8	6	8				0.7			1.4		≡	1.2		≡	
7	7.4	3.0	77	78	10	9	10	14.6			13.5			17.8	11	≡	17.9	12	≡	
8	3.9	– 0 2	92	74	10	7	8				0.6			0.2		≡ ⊠	0.1		≡ ⊠	
9	7.3	3.6	64	60	10	8	9				0.2									
10	7.4	4.0	78	73	10	9	7									≡			≡	
11	10.6	7.1	36	35	1	1	1													
12	12.3	7.6	39	39	6	7	7													
13	13.9	**9.8**	38	39	10	6	6													
14	**14.0**	7.2	41	50	10	5	6	1.7			2.4			1.7			1.8			
15	8.6	3.3	80	98	10	10	9	0.5						1.4		≡	1.3		≡	
16	6.5	2.2	83	100	10	9	9							0.1		≡	0.1		≡	
17	7.7	3.8	77	83	10	9	7									≡				
18	8.9	4.1	83	83	10	10	7	**20.0**			**20 0**			**22 9**			**22.7**			
19	2 5	– 0.7	93	97	10	10	10							2 3	1	≡	2.5	2	≡	
20	1.9	– 1 8	90	100	10	10	9	14.0			17.0	**4**		21.4	**14**	≡ ⊠	21.6	**16**	≡ ⊠	
21	**0.5**	– **2.7**	100	100	10	10	9	13.0			13.2	**4**	≡ ⊠	16.7	12	⊠	16.2	12	⊠	
22	1.1	– 1.6	100	100	10	10	8	6.8			5 7		⊠	3.7	1	⊠	3.8	2	⊠	
23	4.5	– 0.3	75	64	8	7	6									≡ ⊠			≡ ⊠	
24	5.7	2.1	62	56	6	1	2									⊠			⊠	
25	8.1	4 2	54	48	1	1	1													
26	10.2	6 8	36	**33**	0	1	2													
27	10.0	6.7	46	56	8	6	7	0.5			1.2			2.1			2.0			
28	8.4	4.4	88	94	10	9	9	1.0			1.0			2.4			2.5			
29	10 0	5 3	86	93	8	10	10	12.8			12.8			16.3		≡	16.1		≡	
30	9.0	4.6	67	94	10	9	9	4.0			7.5			9.7			9.5			
Mois	7.60	3.55	69	70	8.0	7.0	6.8	91.6			98.8	8		123.0	39		122.2	44		

MOIS DE MAI 1918

Jours du mois	Thermomètre Temp. moyenne		Hygromètre Frac. de sat. moy.		Nébulosité moyenne			Pluie, neige, brouillard, neige sur le sol, fœhn, etc... Lavey			Savatan			Dailly			Aiguille			Orages
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Divers	Pluie	Neige	Divers	Pluie	Neige	Divers	Pluie	Neige	Divers	
	°	°	%	%				mm	cm		mm	cm		mm	cm		mm	cm		
1	9.8	5.7	74	69	7	8	8	0.5			0.3			0.3			0.2			
2	11.1	7.7	70	61	1	1	1													
3	13.1	10.5	46	38	1	1	2													
4	14.1	11.1	51	46	8	3	5													
5	14.9	11.3	52	48	9	6	7													
6	14.3	10.3	52	43	9	8	6													
7	13.3	8.8	54	52	9	8	7	2.5			2.8			1.8			1.5			
8	10.0	5.8	78	**85**	10	10	9							0.5			0.6			
9	12.7	8.6	63	68	7	6	7													
10	13.7	11.0	61	55	1	2	1													
11	12.0	10.0	69	48	6	8	5	**7.2**			**9.8**			8.4			**8.2**			K
12	10.7	7.2	75	82	8	7	10	0.6			1.0			0.7			0.5			
13	13.0	7.6	63	63	9	7	6	5.2			3.7			3.3			3.5			
14	**8.9**	**5.4**	**80**	84	9	9	7	4.2			4.3			3.7			3.4			
15	11.6	8.6	69	52	0	1	1													
16	14.5	11.4	61	60	0	2	2													
17	15.0	13.7	68	44	2	3	1				0.4									
18	16.4	14.6	60	42	4	3	3													
19	16.9	14.0	56	44	0	1	1													
20	16.6	13.8	59	46	2	5	3	1.0			1.6			1.4			1.3			
21	16.2	14.5	72	51	4	4	5	0.4			0.6			0.9			1.0			
22	16.7	14.3	55	**36**	1	0	1													
23	**17.3**	14.1	62	58	2	1	3													
24	15.6	10.1	57	69	6	6	4				0.8			1.3			1.1			
25	14.4	9.3	52	56	4	5	6													
26	13.5	9.7	77	63	5	2	4	1.4			1.4			0.9			0.8			K
27	13.4	9.1	75	65	4	6	5	0.2			0.3									
28	12.4	8.1	**36**	40	2	3	2													
29	12.1	8.0	48	39	3	3	3													
30	11.9	9.1	58	49	3	4	4													
31	15.2	11.6	49	41	2	3	1													
Mois	13.59	10.16	61	55	4.5	4.4	4.2	23.2			27.0			23.2			22.1			2

INTERPRÉTATION TECTONIQUE

DE LA

RÉGION PÉTROLIFÈRE DE LA VALLÉE DE SANTA CLARA
EN CALIFORNIE

ET

Considérations théoriques sur les gîtes de pétrole

PAR

Max REINHARD

(Avec 2 fig. et 2 pl.)

---

1. — Introduction.

L'abondance du pétrole, accumulé en gisements extrêmement riches dans les chaînons tertiaires de la Californie méridionale, a donné lieu à plusieurs travaux géologiques importants. Grâce à ces recherches, entreprises par des géologues américains, la structure géologique du Tertiaire californien est aujourd'hui très bien connue. Les différentes cartes géologiques des terrains pétrolifères montrent à l'évidence que les phénomènes de diastrophisme ont été particulièrement violents et ont donné lieu à une structure très compliquée. Une des régions les plus intéressantes, à en juger par les publications que j'ai pu consulter, paraît être celle de la vallée de Santa Clara. Eldrige et Arnold en ont fait une belle étude très documentée (1). Eldrige nous en donne une description minutieuse, accompagnée d'une carte géologique au 1:62500e très détaillée. Malheureusement, ce savant distingué est décédé avant sa publication et Arnold qui

en fut chargé a complété l'étude de son savant prédécesseur par plusieurs coupes géologiques. La lecture de ce beau mémoire ainsi que mes études de gîtes pétrolifères dans diverses régions du monde m'amènent à proposer une interprétation tectonique différente. Je ne me dissimule pas les imperfections d'un pareil essai, d'autant plus qu'il ne peut être question, vu la distance et les circonstances actuelles de se rendre sur le terrain pour étudier certains points douteux. Mon excuse sera d'avoir voulu attirer l'attention sur l'application de la tectonique moderne à l'étude des gisements pétrolifères en général et à ceux de la Californie méridionale en particulier.

Si on trouve des points obscurs dans la carte d'Eldrige, il est étonnant qu'il y en ait si peu et qu'elle se prête si bien à une interprétation. Ceux qui ont travaillé dans des dépôts sédimentaires côtiers d'origine terrigène — où les caractères lithologiques sont aussi variables que peu nets et où les changements de facies dans le sens horizontal sont aussi fréquents que les récurrences dans le sens vertical — ne peuvent qu'admirer l'œuvre des géologues américains dans le tertiaire californien. Nous ne pouvons que rendre hommage à ces pionniers et tout particulièrement à Eldrige et Arnold.

2. — Stratigraphie.

La région septentrionale de la vallée de Santa Clara est la continuation orientale de la chaîne de Santa Ynez, orientée E-W, au pied de laquelle s'étale, vers le S, la côte pacifique de Santa Barbara (2). Les chaînons qui s'étendent au S de la vallée de Santa Clara sont le prolongement occidental de la chaîne de San Gabriel. Toute la région est presque exclusivement formée par des dépôts tertiaires et plus récents. Dans le coin SE de la carte, seul un lambeau de roches cristallines, granites et gneiss écrasés, apparaît comme dernier vestige de formations analogues beaucoup mieux développées plus à l'E, dans la haute chaîne de San Gabriel. Eldrige les assimile aux granites de la Sierra Nevada du jurassique supérieur. La question se pose si on ne devrait pas les considérer plutôt comme la continuation des roches cristallines du Coast Range, qui sont probablement

paléozoïques (2). Les sédiments les plus anciens, occupant une surface considérable dans la partie NW de la région considérée, sont d'âge éocène (formation[1] *Topatopa*).

Nous n'insistons pas ici sur la description lithologique et paléontologique des différents dépôts qu'on trouvera dans l'ouvrage d'Eldrige et Arnold (1). Les caractères saillants sont donnés dans la légende de notre carte géologique et nous nous bornerons à mentionner quelques traits généraux. Il faut tout d'abord insister sur le fait que les limites entre les différentes formations sont souvent incertaines. Tel est le cas pour les formations *Topatopa* et *Vaqueros* et plus encore pour le *Vaqueros* et le *Modelo*. Ces deux dernières formations se ressemblent beaucoup et si les intercalations de grès, sur lesquelles les délimitations sont basées, n'existaient pas, une séparation serait impossible. La formation *Modelo*, comprenant les dépôts du Miocène moyen (équivalent des *Monterey* shales), est composée d'une série de grès et d'argiles. Sur leur carte géologique, Eldrige et Arnold la divisent en trois horizons que nous répétons dans notre carte, soit deux zones de grès n° 1 et 2, surmontées d'une zone argileuse. Par contre dans le texte, les auteurs mentionnent une intercalation d'argiles entre les deux zones de grès et subdivisent ainsi le *Modelo* en quatre horizons : 1) grès, 2) argiles, 3) grès et 4) argiles. Nous verrons plus loin, dans le chapitre sur la tectonique, qu'on arrive à des interprétations différentes suivant que l'on admet l'une ou l'autre de ces divisions. Jusqu'ici toutes les formations reposent en concordance l'une sur l'autre. Tel n'est plus le cas pour la formation *Fernando* (Miocène supérieur, Pliocène et base du Pleistocène) qui bute en discordance contre le *Modelo* partout où les contacts sont nettement visibles. C'est dans cette formation, côtière par excellence, que les conglomérats et les grès prédominent, formant des dépôts qui atteignent par endroits plus de 3000 m d'épaisseur. Le Pleistocène supérieur et les alluvions modernes, réunis dans notre carte, sont figurés séparément par Eldrige et Arnold. Le fait que le Pleistocène supérieur est encore faiblement incliné,

[1] Nous avons conservé le terme de « formation », employé par les géologues américains. Ces « formations » correspondent à nos étages et sous-étages.

de 2 à 10°, justifierait cette séparation s'il s'agissait réellement d'un redressement.

Insistons, pour terminer cet aperçu stratigraphique, sur une observation de la plus grande importance, qui nous a suggéré en partie les lignes directrices de la tectonique. Nous voulons parler de la différence de facies qui existe entre les formations développées de part et d'autre de la vallée de Santa Clara. Eldrige et Arnold l'ont si bien relevé, qu'ils ont été amenés à faire une distinction dans la description stratigraphique entre la partie située au N de la vallée et celle du versant méridional. Seule la formation *Fernando* fait exception à cette règle. Cette différence peut aller jusqu'à la disparition complète d'une formation et c'est ainsi que le *Modelo,* très développpé dans la partie septentrionale, n'est plus représenté sur le versant S de la vallée de Santa Clara. L'explication logique de ces faits découlera des coupes établies à travers la région.

3. — Tectonique, plissement diapir.

Comme nous l'avons mentionné dans l'introduction, les coupes jointes à l'étude d'Eldrige et Arnold ont été élaborées par ce dernier. Ce savant représente la région comme étant formée par des plis simples, morcelés par une quantité de failles plus ou moins verticales. Pour expliquer les différences de facies des deux côtés de la vallée de Santa Clara, Arnold admet l'existence d'une « énorme faille » s'atténuant peu à peu vers l'E. On peut se demander si cette interprétation est justifiée ou, au moins, si c'est la seule possible. Marcel Bertrand a été le premier à attirer l'attention sur le fait que dans les régions plissées les contacts anormaux, parallèles aux lignes directrices des plissements, doivent être envisagés comme des plis-failles et des traces de plans de chevauchement (3). Nous voulons essayer de nous faire une image de la structure de la région considérée, en appliquant les principes du grand géologue français. En même temps, nous tiendrons compte du fait que les plissements sont généralement disharmoniques et que le diastrophisme se complique en profondeur. C'est ce qu'on a constaté, par exemple, dans les régions du flysch carpatique. De plus, les impor-

tantes découvertes de BUXTORF dans le Jura (4) semblent indiquer qu'il s'agit bien d'un phénomène général. Notre synthèse montrera que les points qui paraissaient obscurs à ELDRIGE et ARNOLD sont susceptibles d'interprétation et nous ajouterons qu'ils ont été pour nous en quelque sorte un point de départ. De plus, l'on verra que certaines parties de la carte géologique qui paraissent parfaitement simples, à première vue, ne résistent pas à une analyse tectonique.

Nous avons déjà relevé le fait, d'ordre stratigraphique, que le facies des dépôts de part et d'autre de la vallée de Santa Clara est différent. Ajoutons une observation d'ordre tectonique, à savoir que malgré la direction générale E-W des plis, il existe dans la région des endroits où l'allure des têtes de couches est nettement perpendiculaire sur la direction générale du plissement. De ces deux faits, désormais classiques pour les régions charriées, le premier nous indique que nous nous trouvons ici probablement en présence de nappes de recouvrement et le second, que les plans de chevauchement sont inclinés dans le sens longitudinal. L'existence de séries renversées, ainsi que d'innombrables contacts anormaux, nous paraît confirmer cette hypothèse.

A. *Partie située au N de la vallée de Santa Clara.*

En examinant notre carte géologique on peut supposer que le charriage s'est effectué dans le sens du Méridien, du N au S avec un plongement axial de l'W à l'E. Dans la partie occidentale de la carte où l'érosion a plus profondément entamé les éléments tectoniques, nous voyons sortir le flanc renversé d'une nappe. A l'extérieur de la série renversée, pincé entre celle-ci et un pli aigu « diapir », apparaît un synclinal qui est bientôt débordé vers l'E par la série renversée de la nappe inférieure I (voir coupe I de la planche). Il est impossible de déterminer pour la région représentée sur la carte, si la formation *Modelo* des « Sulpur Mountains » est autochtone ou si elle représente la carapace d'une nappe inférieure à la nappe I. Dans tous les cas le *Modelo* est refoulé sur la formation *Fernando*. Au fur et à mesure qu'on avance vers l'E on constate l'apparition des parties plus élevées de la nappe inférieure.

Le long du profil II de notre planche, la formation la plus ancienne, le *Topatopa*, est charriée par-dessus le Pliocène *(Fernando)*. A l'E du « Sespe Creek », dans la région représentée par les coupes III et IV, nous nous trouvons dans la carapace plissée de la nappe inférieure. Dans cette partie, la formation *Modelo* est très développée et deux alternatives tectoniques sont possibles ici, suivant qu'on se base sur la subdivision du *Modelo* en trois ou en quatre horizons dont nous avons parlé plus haut. La carte d'ELDRIGE ne marque aucun contact anormal entre le grès n° 2 de la formation *Modelo* et les argiles de la même formation. Or, s'il n'y a pas de contact mécanique, les argiles doivent être plus anciennes que le grès n° 2, comme on s'en convaincra facilement en examinant l'allure des synclinaux et anticlinaux secondaires. Les argiles du « Hutton Peak » seules correspondront alors aux argiles supérieures du *Modelo* et il faudra considérer la zone argileuse bordant le grès n° 2 comme étant intermédiaire entre le grès n° 2 et le grès n° 1 ; nous aurons une succession normale et la carapace d'une seule et unique nappe. Dans les profils ARNOLD dessine une faille entre les argiles et le grès n° 2. Nous avons adopté cette manière de voir sur notre carte, en considérant toutefois le contact mécanique comme étant la trace d'un chevauchement. Ainsi nous pouvons envisager les grès n° 2 et les argiles superposées comme étant des vestiges d'une nappe supérieure II, pincée dans un synclinal dédoublé de la nappe I (voir coupe III et IV de la planche). Nous ne pouvons pas déterminer laquelle des deux interprétations est la vraie, mais nous inclinons plutôt en faveur de la plus simple, à savoir de ne pas dédoubler la nappe. Dans ce cas, il faudrait modifier la carte, en ajoutant un horizon d'argile entre le grès n° 1 et n° 2 de la formation *Modelo*.

B. *Versant méridional de la vallée de Santa Clara.*

Nos données ne sont pas suffisantes pour établir si cette partie est charriée ou autochtone. Dans la région occidentale, l'allure des plis est assez régulière et simple. Dans la coupe IV nous avons apporté une modification à celle d'ARNOLD, en faisant sortir la formation *Sespe* au centre de l'anticlinal situé immédiatement au S de la vallée. Dans la région des « Santa Susanna

Mountains » et du « Fernando Pass » la structure devient plus compliquée, mais faute de coupures plus profondes on ne sortira jamais de l'hypothèse.

L'interprétation tectonique de la région de Santa Clara en général est souvent rendue difficile à cause de la formation *Fernando.* Les dépôts de cette formation ne prennent plus part à l'édification des nappes dans la même mesure que les formations plus anciennes et les éléments tectoniques sont souvent masqués par des dépôts considérables de conglomérats pliocènes.

Nous n'avons nullement la prétention de croire que les solutions que nous venons de proposer soient parfaites. Nous les soumettons au contraire à la critique de nos savants collègues d'outre mer, qui sont plus qualifiés et mieux en état que nous d'en juger la possibilité et d'en contrôler le degré d'exactitude.

En résumé, nous concluons que la région de Santa Clara nous paraît être formée de plis et de nappes d'une allure spéciale que nous désignons, suivant Mrazec, sous le nom de plis et nappes diapirs. Ce diastrophisme spécial, très caractéristique pour certains pays, ne paraît pas encore avoir attiré l'attention qu'il mérite. Ainsi Wilckens, dans sa géologie tectonique (5), ne le mentionne pas et nous saisissons l'occasion d'en tracer les caractères saillants. Il y a une douzaine d'années, Mrazec est arrivé, en examinant la tectonique de la région subcarpatique de la Roumanie, à l'interpréter d'une façon aussi simple que conséquente. Et, ajoutons-le, ce savant perspicace n'a pas manqué d'y voir un phénomène qui ne saurait être limité au pays qu'il analysa. Avec sa clairvoyance, il le considéra déjà comme étant propre aux régions de dislocations jeunes, produites à une faible profondeur par une « sous-poussée ».

Mrazec a nommé *plis diapirs* des « plis à noyau de percement » (6). « Dans ce type de pli, les couches du noyau sont plus fortement redressées que les couches de son toit, qui se rapprochent de l'horizontale à mesure qu'on s'éloigne de l'axe du noyau. » Les plis diapirs peuvent être droits, déjetés ou déversés. Par l'intermédiaire d'un pli à noyau percé peuvent se développer des chevauchements (voir fig. 1).

Les plis diapirs sont très fréquents dans les régions pétrolifères de la Roumanie, de la Galicie et du Caucase et j'en ai cons-

taté de très typiques dans les dépôts tertiaires des îles de la Sonde. En Roumanie et en Galicie, la structure est souvent encore compliquée par la présence de massifs de sels, formant le « noyau de percement » et j'incline à les considérer dans le sens d'ARRHENIUS et LACHMANN comme de véritables « Ekzeme » (7). Mais nous avons des exemples plus proches. Le plissement diapir est la forme de dislocation typique de la molasse subalpine, Il suffit de jeter un coup d'œil sur les profils que nous en donne ALB. HEIM dans sa géologie de la Suisse (8). Les chevauchements par exagération d'un percement n'y manquent pas non plus. HEIM relève la différence qui existe entre les dislocations de la molasse et celles des Alpes et en en expliquant les causes, il ar-

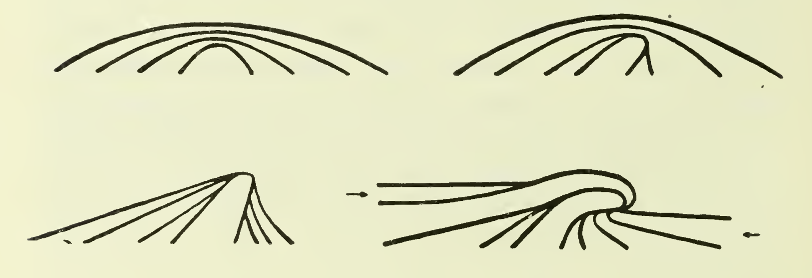


Fig. 1.
Différentes formes de plis diapirs (d'après MRAZEC).

rive à des conclusions qui se rapprochent de celles de MRAZEC. S'il ne voulait pas citer les travaux de ce savant, nous regrettons qu'il n'ait pas employé au moins sa nomenclature. HEIM considère les plis diapirs molassiques comme étant le résultat d'une seule poussée et nous le croyons volontiers. Mais s'il appelle cette dislocation « harmonique » il nous paraît employer ce terme dans un sens autre qu'on ne lui a attribué généralement. Pour nous, le plissement diapir est un plissement disharmonique des plus typiques.

Certaines indications nous permettent d'envisager les plis de la région de Santa Clara comme étant des plis diapirs, donc disharmoniques. Par augmentation de la poussée, un de ces plis diapirs au moins s'est transformé en nappe charriée. Ces nappes diapires sont différentes des plis-nappes. En effet, le diastro-

phisme s'étant produit à une faible profondeur, des ruptures se sont formées dès le début, le noyau perçant divisant la partie charriée de la partie « sous poussée » (voir fig. 2).

Une des caractéristiques de la nappe diapire est qu'elle ne possède pas de flanc renversé étiré. Si l'on trouve des couches renversées, elles ne forment que des paquets peu importants. On cherchera en vain les charnières anticlinales à la partie frontale d'une pareille nappe et la région de la racine est particulièrement mal définie. Nous avons dit que c'est là un phénomène plutôt superficiel, comme l'ont envisagé MRAZEC et HEIM. Il est peut-être préférable de ne pas insister sur la localisation de la cause qui le produit. En effet, il se peut très bien que ce

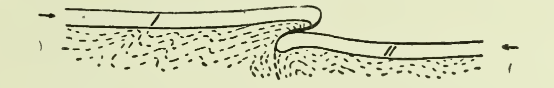


Fig. 2.

Nappe diapire en formation (d'après MRAZEC).
I. partie charriée ; II. partie sous-poussée.

soit seulement la conséquence d'un phénomène profond qui se présente à nous dans une zone voisine de la surface. C'est ainsi que dans un pays à nappes diapires peuvent exister, à de plus grandes profondeurs des plis-nappes. Les dislocations de la molasse subalpine nous donnent l'image du phénomène très près de la surface. Dans cette zone superficielle l'effet du charriage n'est souvent pas visible, l'érosion ayant travaillé en concordance avec le refoulement. Le paquet charrié est ainsi détruit au fur et à mesure qu'il avance. Les dislocations dans la région de la vallée de Santa Clara, semblables à celles décrites par MRAZEC dans les Carpates Roumaines et par UHLIG dans les Carpates orientales (9), nous paraissent présenter le même phénomène, mais à une profondeur plus grande. En effet, les régions sont plus profondément attaquées par l'érosion. Dans les Alpes, par contre, nous voyons le résultat du diastrophisme de grande profondeur, mis à nu par une érosion considérable.

4. — Age du diastrophisme.

Grâce à la discordance stratigraphique qui existe entre le *Modelo* supérieur et la formation *Fernando*, l'âge du chevauchement peut être fixé assez exactement. Jusqu'au Miocène moyen toutes les formations sout concordantes et aucun mouvement orogénique ne s'est produit. Les dépôts du Miocène supérieur butant en discordance contre le Miocène moyen, cette date marque le début du diastrophisme. Les mouvements se sont succédés depuis lors. La formation *Fernando*, comprenant aussi la base du Pleistocène, est fortement plissée et si le Pleistocène supérieur est redressé, comme l'indiquent Eldrige et Arnold, le refoulement aurait continué jusqu'à une époque plus récente. N'oublions pas, en effet, que nous nous trouvons dans un pays célèbre par ses tremblements de terre. Aurions-nous ici peut-être l'effet d'un déplacement du continent américain vers l'W, déferlant sur le Sima pacifique, comme le conçoit avec tant de témérité Wegener (10)?

5. — Distribution du pétrole dans la région de Santa Clara.

Les accumulations de pétrole se trouvent en quantité variable dans toutes les formations de la région de Santa Clara, *les roches éruptives y comprises.* La distribution de ce minéral liquide n'est donc pas limitée stratigraphiquement. Au point de vue tectonique on constate l'influence favorable des plis secondaires des nappes sur l'accumulation du pétrole. Ce dernier a surtout été concentré dans les anticlinaux ; dans la région du « Sespe Canyon » on le trouve cependant en quantité exploitable aussi dans le synclinal. Dans la partie occidentale de la région des gisements se sont formés le long des plans de chevauchement, dans la partie chevauchée.

Si l'on compare cette distribution du pétrole à celle des Carpates Galiciennes et Roumaines, on est frappé de leur grande analogie. Les conditions tectoniques qui influencent au premier chef l'accumulation sont, en effet, analogues dans les deux régions. Cette analogie entre les gisements Californiens et Carpatiques va jusqu'à imprimer aux pétroles des deux contrées une

composition chimique et des propriétés physiques semblables. C'est encore parfaitement logique, la migration forcée des hydrocarbures provoquant sans aucun doute des réactions chimiques complexes et non seulement une filtration dans le sens de Day (11). Cette distribution du pétrole dans la région de Santa Clara nous amène à dire quelques mots sur la classification des gîtes pétrolifères en général.

6. — Classification des gisements de pétrole ; migration.

L'idée de Harris (12) de distinguer deux grandes classes de gisements pétrolifères nous paraît parfaitement justifiée. Nous opposons ainsi les gisements où le pétrole est concentré en un horizon stratigraphique déterminé aux gisements à distribution irrégulière.

Dans le premier cas, réalisé par exemple dans la région des Appalaches et du centre des Etats-Unis (mid continent field) les couches ne sont que très faiblement ondulées et la migration régionale a été provoquée par des agents indépendants des mouvements orogéniques. L'influence des conditions tectoniques sur l'accumulation des hydrocarbures rivalise avec l'influence, souvent prépondérante, de la composition lithologique des roches et le degré de saturation en eau salée des couches perméables. Une prognose sur l'emplacement des gisements est ici souvent difficile et même impossible.

Dans la seconde catégorie de gisements, à distribution irrégulière, la migration forcée et souvent lointaine a été provoquée par des dislocations violentes. Je fais entrer dans cette classe :

1° Les gisements associés aux massifs de sel. Les dislocations intenses, observées dans ce cas, ne sont pas orogéniques, mais doivent être envisagées dans le sens d'Arrhenius et Lachmann (7) comme un mouvement isostatique. Ce type est réalisé en Allemagne septentrionale (Wietze-Hannover) et sur une plus grande échelle dans la région côtière du Texas-Louisiane (gulf coastal plain).

2° Les gisements des plis et nappes diapirs, représentés en Californie en général et plus spécialement dans la région de

Santa Clara. Dans les zones pétrolifères carpatiques, les gisements présentent la plus grande complication grâce à la présence de massifs de sel à l'intérieur de plis et nappes diapirs. La prospection est délicate et demande des levés géologiques très détaillés.

Le trait d'union entre les deux grandes catégories de Harris est donné par de nombreux gisements, distribués universellement. Ainsi les îles de la Sonde nous en fournissent un exemple typique et simple. Dans ce cas les conditions tectoniques, favorisant l'accumulation, sont souvent d'une simplicité idéale, se prêtant admirablement à une prognose certaine et une exploitation systématique. C'est ici que l'anticlinal fermé présente la structure la plus favorable pour l'accumulation des hydrocarbures si ceux-ci sont accompagnés d'une quantité suffisante d'eau salée, ce qui est toujours réalisé aux Indes. Par contre le synclinal est pétrolifère quand l'eau fait défaut.

Comme on le voit, le développement qu'ont pris les méthodes d'exploration, par exemple en Amérique et dans les Indes néerlandaises, est justifié en quelque sorte par les conditions géologiques. Ici des études détaillées ont généralement précédé les travaux d'ingénieurs, là la recherche au hasard — le fameux « wild catting » — a été longtemps la méthode favorite. Chose curieuse, la « théorie anticlinale », qui a rendu de véritables services pratiques pour certains gisements, fut inventée par plusieurs géologues successivement en Pennsylvanie, où les conditions qu'elle réclame ne sont pas réalisées, comme le démontrent les cartes structurales classiques des géologues américains. Si ces derniers y voient toujours une confirmation de la « théorie anticlinale », ils nous paraissent lui donner un sens trop général qui ne correspond plus à la définition primitive. Accumulation des hydrocarbures gazeux et liquides dans les parties axiales des anticlinaux, telle est sans autre la formule de cette théorie qui n'est pas réalisée universellement.

En résumé nous voyons que la migration régionale est un des facteurs de première importance, déterminant la concentration des hydrocarbures en gisements importants. Si nous voulions nous baser sur des observations de détail qui paraissent corroborer cette manière de voir, nous pourrions mentionner

la présence de pétrole exploitable dans le lambeau granitique, situé dans le coin SE de notre carte. Cet exemple unique au monde a tout particulièrement embarrassé les géologues. Ceux-ci sont unanimes — à l'exception toutefois de Höfer — pour le qualifier de gisement secondaire et nous nous trouvons en présence d'une migration de pétrole. En nous basant sur nos considérations tectoniques on découvrira facilement la cause de ce phénomène. Ou ce lambeau granitique a été débordé par une nappe de Tertiaire pétrolifère et le liquide s'y est infiltré, ou le lambeau est charrié lui-même par-dessus le Tertiaire, contenant du pétrole. Les observations nous manquent pour dire laquelle des deux alternatives est la vraie.

Une autre condition, qui ne s'explique guère qu'en admettant une migration, est plus souvent réalisée. Il s'agit de la présence de gisements de pétrole, associés à des eaux salées, dans des dépôts d'eau douce.

Mais nous avons la conviction qu'un détail, pris à part, est peu fait pour interpréter une grande cause. Si Höfer, une autorité en la matière, se cramponne dans ses compilations sur le pétrole (13), à des observations locales se prêtant à des interprétations multiples, pour en dégager ensuite des lois générales, il nous paraît manquer d'esprit scientifique. Nous voyons dans cette manière d'envisager les choses la raison pour laquelle il n'est jamais arrivé à comprendre que les hydrocarbures — mélange de corps liquides et gazeux, si susceptibles de ruptures d'équilibre mécanique — ne peuvent qu'être chassés de certaines régions pour pénétrer dans les parties de moindre résistance.

Nous n'avons rien dit des roches mères du pétrole de la région de Santa Clara. Nous ne possédons pas assez de matériel pour discuter cette question d'une manière objective.

Mais ajoutons encore, pour terminer, une observation qui nous a souvent préoccupé. Parmi les véritables naturalistes, les esprits les plus avisés et les plus critiques nous ont fait entrevoir dans la formation des hydrocarbures naturels un des grands phénomènes de la Nature. La genèse du pétrole, la migration et l'accumulation en gisements exploitables forment un enchaînement de problèmes géologiques complexes. Les hypothèses chimiques, si géniales qu'elles soient, n'interviennent qu'en

seconde ligne et les spéculations des profanes sont impuissantes à contribuer à un éclaircissement. Que ceux qui écrivent des traités sur le pétrole s'en rendent compte. La littérature sur ces sujets est très vaste, il s'agit maintenant de trier les observations dignes de foi d'un grand nombre de publications, malheureusement trop souvent dépourvues de quelque valeur scientifique. Et il s'agit ensuite de coordonner les bonnes observations pour en dégager les lois générales. Cette science est encore dans son enfance et les errements ne lui ont pas été épargnés. Mais le moment est proche où ses défauts vont s'atténuer. Quand on voit, dans les traités sur le pétrole, les auteurs se perdre dans un fouillis de petits détails, compilés sans critique, et confronter sans discernement des recherches consciencieuses d'observateurs expérimentés et des spéculations de géologues improvisés, on ne peut pas se soustraire à un sentiment de malaise et on est tenté de taxer ces méthodes de légèreté.

Laboratoire de Géologie de l'Université de Genève,
Décembre 1918.

Remarques concernant la carte et les coupes géologiques.

Notre carte est une réduction de la carte géologique 1 : 62500e, levée par Eldrige. Les contacts mécaniques sont indiqués comme de simples failles par l'auteur; nous les avons figurés comme étant les traces de plans de chevauchement. Nous avons marqué un pareil contact anormal sur notre carte entre les grès n° 2 et les argiles sousjacentes de la formation *Modelo*, contact qui n'est pas indiqué sur la carte d'Eldrige. Nous avons discuté plus haut une autre alternative qui pourrait être envisagée. Elle entraînerait des modifications plus grandes de la carte, mais présenterait une solution tectonique plus simple. Comme nous avons tenu à ne pas trop altérer la carte d'Eldrige, nous avons solutionné le problème en indiquant le contact anormal, marqué du reste dans les coupes d'Arnold. Les facies des deux côtés de la vallée de Santa Clara étant différents, il vaudrait mieux subdiviser chaque zone indépendamment, comme on est arrivé à le

faire pour chaque nappe dans les pays charriés. L'image tectonique ressortirait plus clairement en choisissant des couleurs ou des signes différents pour les deux parties.

La carte géologique ne donnant pas beaucoup d'indications sur le plongement des couches, nous avons fait correspondre l'emplacement de nos coupes avec les profils suivants d'Arnold :

Coupe I = Profil A-A′ Arnold.

Coupe II, partie au N de la vallée de Santa Clara = Profil E-E′ Arnold.

Coupe II, partie au S de la vallée de Santa Clara = Profil D-D′ Arnold.

Coupe III = Profil F-F′ Arnold.

Coupe IV, partie au N de la vallée de Santa Clara = Profil G-G′ Arnold.

Coupe IV, partie au S de la vallée de Santa Clara = Profil H-H′ Arnold.

BIBLIOGRAPHIE

1. Eldrige, G.-H. et Arnold, R. The Santa Clara Valley, Puente Hills and Los Angeles oil districts, southern California. *U. S. geol. Survey, Bulletin,* n° 309, 1917.
2. Suess, Ed. La face de la Terre (traduction française), tome III (3e partie), 1913.
3. Bertrand, M. Mémoire sur les refoulements qui ont plissés l'écorce terrestre et sur le rôle des déplacements horizontaux. *Mémoire de l'Académie des Sciences* (présenté en 1890), Paris, 1908.
4. Buxtorf, A. Prognosen und Befunde beim Hauensteinbasis-und Grenchenbergtunnel, etc. *Verhandl. d. naturf. Ges. in Basel,* Bd. XXVII, 1916.
5. Wilckens, O. Grundzüge der tektonischen Geologie, 1912.
6. Mrazec, L. Les plis à noyaux de percement. *Bulletin de la Soc. des Sciences de Bucarest,* 1906.

   Mrazec, L. Despre formarea zăcămintelor de petrol din România. *Academia Română, discursuri de receptiune,* XXX, Bucuresti, 1907.

Mrazec, L. Über die Bildung der rumänischen Petroleumlagerstätten. *Congrès intern. du pétrole,* 3e session, Bucarest, 1907. Comptes rendus, tome II, mémoires.

Mrazec, L. Guide des excursions. *Congrès intern. du pétrole,* 3e session, Bucarest, 1907.

Mrazec, L. Les gisements de pétrole. Dans l'industrie du pétrole en Roumanie. *Ministère de l'industrie et du commerce,* Bucarest, 1910.

7. Arrhenius, S. et Lachmann, R. Die physikalisch-chemischen Bedingungen bei der Bildung der Salzlagerstätten und ihre Anwendung auf geologische Probleme. *Geologische Rundschau,* Bd. III, 1912.

8. Heim, Albert. Geologie der Schweiz, 1916. A. Die Molasse.

9. Uhlig, V. Über die Tektonik der Karpathen. *Sitzungsber. d. Kais. Akad. d. Wiss. Wien, mathem. naturw. Klasse,* Bd. CXVI, Abt. I, Juni 1907.

10. Wegener, A. Die Entstehung der Kontinente und Ozeane, 1915.

11. Day, D. Les variations des caractères des huiles brutes de Pennsylvanie et de l'Ohio. *Congrès intern. du pétrole,* Paris, 1900.

12. Harris, O. Oil and gas in Louisiana. *U. S. geolog. Survey,* Bulletin nº 429, 1910.

13. Höfer, H. Das Erdöl und seine Verwandten, 3. Aufl., 1912.

Engler, C. et Höfer, H. Das Erdöl, Bd. II, 1909.

SANTA CLARA VALLEY, CALIFORNIE.

GE

Pleistocène — Gravier, sable, argiles

Discordance

Pliocène — Conglomérats, grès, argiles sableuses — FERNANDO

Discordance

Miocène — Argiles, argiles siliceuses avec bancs de grès; grès No 2, grès siliceux jaune clair avec argiles à la base; grès No 1, massif, en gros bancs, concrétionné — MODELO

Argiles grises avec bancs calcaires et grès — VAQUEROS

Eocène — Grès calcaires — sup.; Grès brun-rouge et conglomérats avec intercal. d'argiles sableuses — moy; Grès blancs et argiles verdâtres — inf. — SESPE

Quartzites, grès et argiles siliceux — TOPATOPA

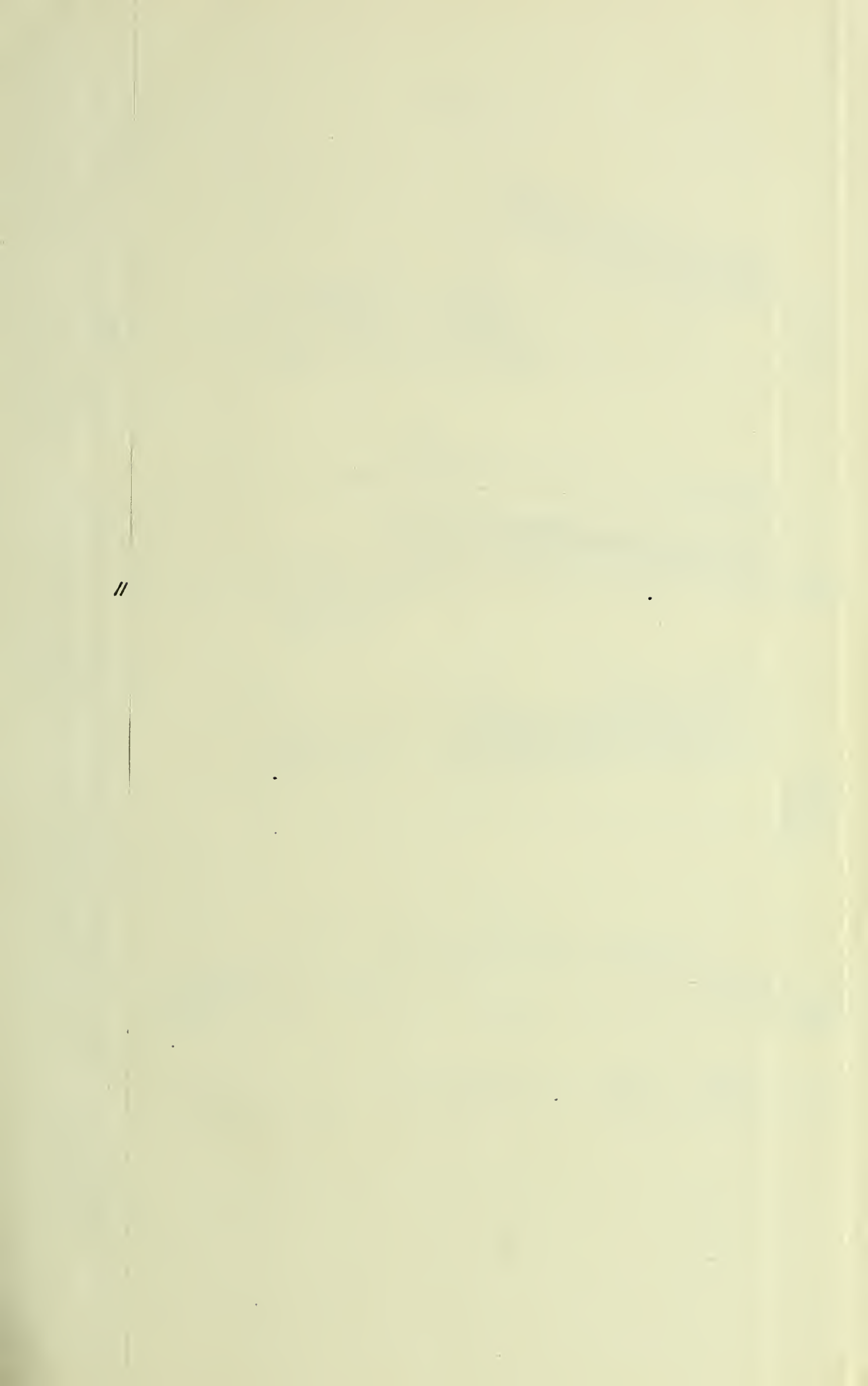
Pré Crét — Granites et gneiss

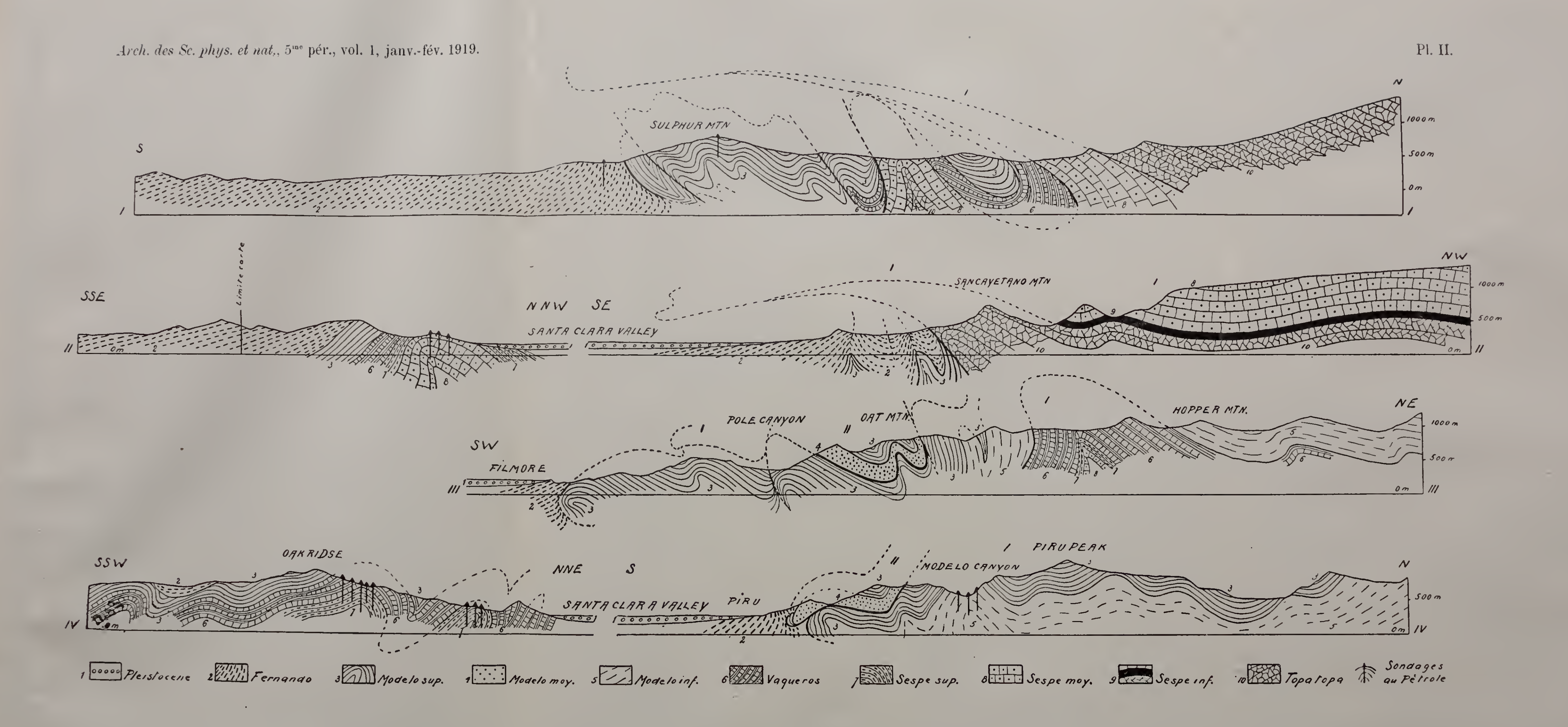
NEWHALL

FERNANDO PASS

M R. Del


CARTE GÉOLOGIQUE DE SANTA CLARA VALLEY, CALIFORNIE.
D'APRÈS G H ELDRIGE
Echelle 1:125000
Anticlinal
Synclinal
Trace du plan de chevauchement
I Nappe inférieure
II Nappe supérieure
Sondages au pétrole
I, II, III, IV Coupes
Pleistocène
Graviers, sable, argiles
Discordance
Pliocène
Conglomérats, grès, argiles sableuses
FERNANDO
Discordance
Miocène
Argiles, argiles siliceuses avec bancs de grès
grès N° 2, grès siliceux jaune clair avec argiles à la base
grès N° 1, massif, en gros bancs, concrétionné
MODELO
Argiles grises avec bancs calcaires et grès
VAQUEROS
Eocène
Grès calcaires
sup.
Grès brun-rouge et conglomérats avec intercal. d'argiles sableuses
moy.
Grès blancs et argiles verdâtres
inf.
SESPE
Quartzites grès et argiles siliceux
TOPATOPA
Pré Crét.
Granites et gneiss
SANTA BARBARA FOREST RESERVE
SANTA PAULA RIDGE
SULPHUR MOUNTAIN
Santa Paula Creek
SANTA PAULA
SESPE
Sespe Creek
FILMORE
HUTTON PEAK
PIRU
SANTA - CLARA - VALLEY
BARDSDALE
OAK RIDGE
SANTA SUSANA MTS
NEWHALL
FERNANDO PASS
M R Del




S
SULPHUR MTN
N
1000 m
500 m
0 m
SSE
Limite carte
NNW SE
SANTA CLARA VALLEY
SANCAYETANO MTN
NW
SW
FILMORE
POLE CANYON
OAT MTN
HOPPER MTN.
NE
SSW
OAKRIDSE
NNE S
SANTA CLARA VALLEY
PIRU
MODELO CANYON
PIRU PEAK
1 Pleistocene
2 Fernando
3 Modelo sup.
4 Modelo moy.
5 Modelo inf.
6 Vaqueros
7 Sespe sup.
8 Sespe moy.
9 Sespe inf.
10 Topatopa
Sondages au Pétrole

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE DE CHIMIE

Séance du 10 mai 1918.

M. Duboux et Caciro. — Recherches sur le dosage physico-chimique de quelques corps par précipitation accélérée. — F. Kehrmann et Christopoulos. Recherches dans le groupe des matières colorantes thiaziniques. — F. Kehrmann, Tynowski et Goldstein. Faits nouveaux concernant l'hypothèse récemment publiée de l'hexavalence du carbone. — F. Kehrmann et Goldstein. Synthèse d'une naphtophénozaxine encore inconnue.

M. Duboux et Caciro. — *Recherches sur le dosage physico-chimique de quelques corps par précipitation accélérée.*

On sait que la méthode des conductibilités électriques donne d'excellents résultats en volumétrie physico-chimique, lorsque la solution à analyser est moyennement diluée : $n/50$ à $n/300$ environ. A cette dilution, les précipités se forment rapidement et le titrage peut être effectué en 10 à 20 minutes. Par contre en solution plus diluée la méthode ne s'applique que dans un nombre limité de cas : halogénures, argent; les précipités se forment si lentement qu'il est nécessaire, après chaque addition de réactif, d'attendre plusieurs minutes (parfois même plusieurs heures) pour que la conductibilité devienne constante. On comprend, dans ces conditions, que la méthode n'offre plus d'intérêt pratique.

Dans le but de remédier à cet inconvénient de la volumétrie physico-chimique, les auteurs ont cherché à accélérer la vitesse de formation des précipités en introduisant préalablement des germes dans les liquides à analyser. Par exemple, le dosage d'un sulfate en solution $n/3000$ est facilement réalisable en présence de 1-2 gr de $BaSO_4$. Ce procédé ne présente pas de difficultés si l'on prend la précaution de préparer des germes chimiquement purs et finement pulvérisés.

Les dosages étudiés jusqu'ici sont les suivants :

1° Les sulfates, titrés avec l'acétate de baryum, en solution $n/100$ à $n/6000$. Précision 1 $^0/_0$.

2° La chaux, titrée avec l'oxalate de sodium, en solution $n/100$ à $n/2000$. Précision 1-2 $^0/_0$. Dosage faussé en présence de magnésie.

3° La chaux, titrée avec le racémate de Na et NH_3, en solution $n/100$ à $n/1000$. Dosage exact et non influencé par la magnésie.

4° La magnésie, comme oxalate, en présence de 50 $^0/_0$ d'alcool. Solutions étudiées $n/100$-$n/500$.

5° Les phosphates, comme phosphate d'uranyle. Ce dosage ne donne des résultats exacts qu'en présence de quantités déterminées d'acétate de sodium et d'acide acétique, quantités qui dépendent de la teneur en phosphate.

Le procédé, qui est susceptible de généralisation, élargit donc notablement le champ d'action de la méthode d'analyse par conductibilité électrique.

Comme application, les auteurs ont mis au point les dosages de sulfate et de chaux (à l'état de racémate) dans les eaux potables et montré que ces éléments pouvaient être dosés facilement même dans des eaux qui n'en contiennent que quelques mgr par litre.

F. Kehrmann et Christopoulos. — *Recherches dans le groupe des matières colorantes thiaziniques.*

Les sels de naphtophénazthionium (F. I) se révèlerent très caractéristiques et relativement stables ; le perchlorate, le sel double ferrique et le perbromure furent isolés sous forme cristalline et analysés.

N S Ac

I

N O S

II

N H H N Ac S

III

N Ac—N S

IV

N $(CH^3)^2N$ S Ac

V

En traitant les solutions aqueuses de ces sels par des oxydants appropriés, on obtient la phénonaphtazthione (F. II) précédemment décrite[1] ; si, par contre, on fait réagir l'ammoniaque ou des amines on obtient des matières colorantes thiaziniques dont la 6-monoamine (F. III) ainsi que ses dérivés acétylé et diméthylé (F. IV et V) firent l'objet d'une étude plus approfondie. La preuve que l'attaque a bien lieu en position 6 fut fournie par les recherches de M. le Dr Stahrfoss[2], qui obtint des corps identiques aux composés ci-dessus en condensant l'oxynaphtoquinone (respectivement l'oxynaphtoquinonimide) avec l'o-aminothiophénol selon l'équation :

O
(NH)O OH + H^2N— HS— =

N
(NH)O S + $2H^2O$

F. Kehrmann, Tynowski et Goldstein. — *Faits nouveaux concernant l'hypothèse récemment publiée*[3] *de l'hexavalence du carbone.*

On a entrepris dans le but de vérifier cette hypothèse l'étude détaillée de la C. diphényldihydro-acridine obtenue par hasard par v. Baeyer, et brièvement décrite par cet auteur[4]. Les recherches en cours ont montré que le corps ci-dessus ainsi que ses dérivés « amino » possèdent le caractère de leuco-dérivés, tout comme la thiodiphénylamine, par exemple (F. I et II) ; ils fournissent par oxydation une classe toute nouvelle de matières colorantes très intéressantes, qui, au moins en partie, dérivent vraisemblablement du chromogène III analogue au phénylphénazonium.

[1] An. d. Ch., *322*, 55 (1902).

[2] M. le Dr Stahrfoss a, sur la proposition de M. Kehrmann, entrepris l'étude de l'action des o-quinones et oxy-p-araquinones sur l'o-aminothiophénol et communiquera lui-même le résultat de ses recherches.

[3] Berichte d. D. chem. Ges. **51**, 468 (1918).

[4] Berichte, **37**, 3202 (1904).

NH — C — C^6H^5 C^6H^5 (I)

NH — S (II)

N — C—Ac — C^6H^5 C^6H^5 (III)

F. Kehrmann et Goldstein. — *Synthèse d'une naphtophénazoxine encore inconnue.*

Cette combinaison a été obtenue en condensant la β naptohydroquinone avec l'o-aminophénol ; elle répond probablement à la formule suivante :

O — NH

elle est en cristaux jaunes fondant à 127-128° et possède une fluorescence verte en solution alcoolique.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

DES TRAVAUX DE CHIMIE FAITS EN SUISSE

1918

Août.

124. BONIFAZI (G.) et ROSENSTIEHL (E.). Méthode rapide de détermination de l'eau dans quelques denrées alimentaires. Lausanne. Lab. cantonal. — *Travaux ch. alim.* **9**. 155.
125. BÜRGI (Emil). Das Chlorophyll als blutbildendes und belebendes Agens. Bern. Pharmakol. Inst. der Univ. — *Therap. Monatshefte* **32**. 1. 33.
126. EDER (R.). Ueber kolloide Arzneimittel. Zürich. — *Schweiz. Apotheker-Zeitung* **56**. 369. 393. 408. 417.
127. FELLENBERG (Th. von). Prüfung von Würsten auf Wasserzusatz. Bern. Lab. des schweiz. Gesundheitsamtes. — *Mitt. Lebensmittelunters.* **9**. 150.
128. FELLENBERG (Th. von) und SCHUPPLI (O.). Eine gravimetrische Bestimmungsmethode der höhern Alkohole in Spirituosen. Bern. Lab. des schweiz. Gesundheitsamtes. — *Mitt. Lebensmittelunters.* **9**. 141.
129. GRÄNACHER (Charles). Die Ketopiperazine. *Dissert.* Zürich (Dr Dubsky).
130. KAUFFUNGEN (Friedrich). Zur weitern Kenntnis des Kalkstickstoffs, Cyanamids, Dicyandiamids und einiger daraus hergestellten Verbindungen. *Prom.-Arbeit.* Techn. Hochschule Zürich (Prof. Winterstein).
131. KOESTLER (G.) und BRODRICK (M.). Beziehungen des Fettgehaltes der Kessimilch zum Fettgehalt des aus ihr hergestellten Käses. Bern-Liebefeld, schweiz. milchwirtschaftl. Anstalt, und Rütti-Zollikofen, Molkereischule. — *Landw. Jahrbuch* **1918**, Heft 2, und *Schweiz. Milch-Zeitung* **44**, Nr 62 und 63.

132. Meyer (L.). Ueber Kakaokeime. Bern. Lab. des schweiz. Gesundheitsamtes. — *Mitt. Lebensmittelunters.* **9**. 216.
133. Müller (Jacob). Ueber elektrolytische Darstellung von Perphosphaten. Ueber elektrolytische Oxydation des Dimethylanilins. *Dissert.* Basel (Prof. Fichter).
134. Olujic (Josef). Beiträge zur Messung der Radiumemanation in der Atmosphäre. Freiburg. Physikal. Inst. der Univ. — *Jahrb. Radioakt.* **15**. 158 und *Dissert.* Freiburg.
135. Perret (Henri). Recherches sur la radioactivité des eaux neuchâteloises et seelandaises. *Dissert.* Neuchâtel (Prof. Jaquerod).
136. Reverdin (Frédéric), Rilliet (Auguste) et Vernet (Camille). Sur quelques matières colorantes azoïques dérivées de la m-phénétidine. Genève. Lab. de ch. org. de l'Univ. — *Archives des Sc. phys. et nat.* **46**. 74 ; *Bull. de la Soc. chimique* **23**. 381 ; *Monit. scient.* **1918**. 265.
137. Schindler (Robert). Zur Frage der fossilen Brennstoffe und der diesbezüglichen Dogmen der Geologie. Luzern.
138. Schumacher (H.). Ueber Dampftensionskurven homologer Reihen optisch aktiver Körper. *Dissert.* Basel (Prof. Hagenbach).
139. Schweizer (Charles). Les bières légères. Winterthur. — *Technik und Industrie* **1918**. 305.
140. Seiberth (Max). Derivate des Amidomethylencamphers. *Dissert.* Basel (Prof. Rupe).
141. Stahel (Hermann). Beiträge zur Kenntnis der Metallkomplexdikarbonsäuren, im Speziellen der Trimalonatochromiate. *Dissert.* Zürich (Prof. Werner).
142. Tunmann (O.). Beiträge zur angewandten Pflanzenmikrochemie. Der Piperinnachweis bei der Erkennung des Pfefferpulvers. Bern. — *Apotheker-Zeitung* **33**. 353.
143. Vautier (E.). Knochenfette. Bern. Lab. des schweiz. Gesundheitsamtes. — *Mitt. Lebensmittelunters.* **9**. 215.
144. Weiss (Pierre). Sur l'équation caractéristique des fluides. Zurich. — *Comptes rendus* **167**. 232. 293.

Septembre

145. Batuecas (T.). Contribution à la revision du poids atomique du carbone ; détermination de la densité normale du gaz éthylène. Genève. Lab. de ch. phys. de l'Univ. — *J. ch. phys.* **16**. 322.
146. Berthoud (A.). Considérations sur les causes des points d'ébullition anormaux. Neuchâtel. Lab. de ch. phys. — *J. ch. phys.* **16**. 245.
147. Bettschart (Anton). Ueber die Addition von Benzhydrol und Benzilsäure an Senföle. *Dissert.* Freiburg (Prof. Bistrzycki).

148. Beyer (Oscar). Ueber die Kontrolle und Herstellung von Saccharin (Benzoesäuresulfimid). Zürich.
149. Briner (E.) et Fridöri (E.). Contribution à l'étude de la vitesse d'oxydation du gaz oxyde d'azote. Genève. Lab. de ch. techn. et théor. de l'Univ. — *J. ch. phys.* **16**. 279.
150. Donath (Willem Frederik). Die Einwirkung von Hydrazinhydrat auf Nitrile. *Dissert.* Zürich (Dr Lifschitz).
151. Jablonski (Wladimir Stephan von). Die Kondensation der Anisilsäure mit Phenolen und Phenolaethern. *Dissert.* Freiburg. (Prof. Bistrzycki).
152. Kägi (Hans). Ueber die Menthylester einiger Ketosäuren und ihre Rotationsdispersion. *Dissert.* Basel (Prof. Rupe).
153. Klaus (F.) und Baudisch (O.). Ueber die Umlagerung von Aryl-hydroxylaminen zu Amino-phenolen. Zürich. — *Berichte* **51**. 1228.
154. Koechlin (Hartmann). Untersuchungen auf dem Gebiete der Triphenylmethanfarbstoffe und eine neue Bildungsweise des 4,4′-Diamidobenzophenons. *Prom.-Arbeit.* Zürich. Techn. Hochschule (Prof. Fierz).
155. Kreis (Hans). Zur Kenntnis des Oeles der Ulmensamen. Basel. — *Schweiz. Apotheker-Zeitung* **56**. 483.
156. Krummenacher (Eduard). Ueber die Kolbesche Reaktion bei der Elektrolyse der Salze einbasischer Fettsäuren. *Dissert.* Basel (Prof. Fichter).
157. Ratnowski (S.). Zur Theorie molekularer und inneratomarer Vorgänge. Küssnacht bei Zürich. — *Ann. der Physik* **56**. 529.
158. Schuppli (O.). Die Verwendung von unreinem Asbest zum Filtrieren bei quantitativen Bestimmungen. Bern. Lab. des schweiz. Gesundheitsamtes. — *Mitt. Lebensmittelunters.* **9**. 274.
159. Simeon (Anton). Ueber die peptische und tryptische Verdauung einzelner Eiweisskörper. *Dissert.* Zürich (Dr Herzfeld).
160. Tschirch (A.) und Wolter (F.). Die chemische Wertbestimmung der Digitalis. Bern. Pharm. Inst. der Univ. — *Schweiz. Apotheker-Zeitung* **56**. 469. 495. 512.

Octobre

161. Baur (Emil). Begleitwort zu der Abhandlung von J. Piazza. Zürich. — *Zeitschr. physikal. Ch.* **93**. 240.
162. Bernoulli (A. L.). Atomwärme, Volumelastizität und Eigenfrequenz bei einatomigen Metallen. Basel. Physikal.-chem. Anstalt der Univ. — *Helv.* **1**. 278.
163. Bernoulli (A. L.). Ein Beitrag zur Ionentheorie fester Körper. Basel. Physikal.-chem. Anstalt der Univ. — *Helv.* **1**. 289.

164. Bosshard (E.) und Comte (F.). Neues Verfahren zur genauen Bestimmung des Fettsäuregehaltes von Seifen. Zürich. Techn.-chem. Lab. der Techn. Hochschule. — *Helv.* **1**. 251.

165. Bürki (Friedrich). Untersuchungen über den Einfluss von Temperatur und Konstitution auf die Geschwindigkeit der Esterverseifung durch Wasserstoffkatalyse. Basel. Physikal.-chem. Anstalt. — *Helv.* **1**. 231 und *Dissert.* Basel (Prof. Bernoulli).

166. Fichter (F.) und Müller (Jakob). Das Verhalten von Phosphaten an der Anode. Basel. Anorg. Abt. der chem. Anstalt. — *Helv.* **1**. 297.

167. Fierz (Hans Eduard). Ein Vorschlag zur Formulierung von sogenannten chinoiden Farbstoffen. Zürich. Techn.-chem. Lab. der Techn. Hochschule. — *Helv.* **1**. 210.

168. Fierz (Hans Eduard) und Koechlin (Hartmann). Zur Aufklärung der Heumann'schen Fuchsinsynthese. Zürich. Techn.-chem. Lab. der Techn. Hochschule. — *Helv.* **1**. 218.

169. Karrer (P.). Seitenkettentheorie oder Resonanztheorie? Zürich. — *Chem.-Zeitung* **42**. 521.

170. Kehrmann (F.) et Sandoz (Maurice). Détermination des formules de constitution des matières colorantes par examen et discussion des formes de leur spectre d'absorption. Lausanne. Lab. de ch. de l'Univ. — *Helv.* **1**. 276.

171. Kohlschütter (V.) und Vuilleumier (E.). Ueber Kathodenvorgänge bei der Metallabscheidung. Bern. — *Zeitschr. Elektroch.* **24**. 300.

172. Laar (J. J. van). Eine neue Beziehung zwischen den kritischen Grössen, und über die Gleichförmigkeit aller Stoffe in ihrem thermischen Verhalten. Fontanivent sur Clarens. — *Zeitschr. anorg. Ch.* **104**. 57.

173. Laar (J. J. van). Die Additivität der Grössen b und $\sqrt{a}$ der Zustandsgleichung und die fundamentalen Werte dieser Grössen für verschiedene Elemente im Zusammenhang mit dem periodischen System. Fontanivent sur Clarens. — *Zeitschr. anorg. Ch.* **104**. 66.

174. Laar (J. J. van). Ueber die Geltung von Mathews sogenanntem Valenzgesetz. Fontanivent sur Clarens. — *Zeitschr. anorg. Ch.* **104**. 77.

175. Laar (J. J. van). Die Fundamentalwerte der Grössen b und $\sqrt{a}$ verschiedener Elemente in Verbindung mit dem periodischen System. Fontanivent sur Clarens. — *Zeitschr. anorg. Ch.* **104**. 81. 98. 105. 135. 144.

176. Laar (J. J. van). Kritische Temperatur und kritischer Druck

von Quecksilber und Phosphor. Fontanivent sur Clarens. — *Zeitschr. anorg. Ch.* **104**. 126.

177. Orthner (R.). Ueber die Dissoziation der Salicylsäure. Zürich. Physikal.-chem. Inst. der Techn. Hochschule. — *Zeitschr. physikal. Ch.* **93**. 220.
178. Orthner (R.). Ueber die Zurückdrängung der Dissoziation der Salicylsäure. Zürich. Physikal.-chem. Lab. der Techn. Hochschule. — *Zeitschr. physikal. Ch.* **93**. 236.
179. Piazza (G.). Ueber Bildung und Zerfall der Phloroglucinkarbonsäure. Zürich. Physikal.-chem. Inst. der Techn. Hochschule. — *Zeitschr. physikal. Ch.* **93**. 183.
180. Pictet (Amé). Sur la transformation de la lévoglucosane en dextrine. Genève. Lab. de ch. org. de l'Univ. — *Helv.* **1**. 226.
181. Pistorius (Otto). Ueber das Trithionat $Na_2S_3O_5$. *Dissert.* Neuchâtel (Prof. Billeter).
182. Reverdin (Frédéric). Sur la benzoylation de quelques combinaisons aromatiques hydroxylées ou aminées. Genève. Lab. de ch. org. de l'Univ. — *Helv.* **1**. 205.
183. Schoop (U.). Ueber ein neuartiges Prinzip für die Herstellung von Metallüberzügen. Zürich. — *Zeitschr. angew. Ch.* **31**. 204.
184. Weinhagen (Albert B.). Beiträge zur Kenntnis einiger pflanzlicher und tierischer Fette und Wachsarten. Zürich. Agrik.-chem. Lab. der Techn. Hochschule. — *Zeitschr. physiol. Ch.* **103**. 84.
185. Wijck (Richard van). Sur le pouvoir additif de la double liaison chez les dérivés du styrolène. *Thèse.* Genève (Dr Reich).

BULLETIN SCIENTIFIQUE

Botanique.

Ernst, A. — *Bastardierung als Ursache der Apogamie im Pflanzenreich. Eine Hypothese zur experimentellen Vererbungs- und Abstammungslehre.* Iena 1918.

Ce beau volume de plus de 600 pages est intéressant, non seulement par l'exposé qu'il renferme des idées de l'auteur sur le rôle de l'hybridation dans les phénomènes d'affaiblissement ou de suppression de la sexualité chez les plantes et dans la formation des espèces, mais aussi par l'analyse détaillée de tous les résultats importants des travaux récents sur la parthénogénèse ou l'apogamie.

La place nous manque pour examiner les conclusions auxquelles l'auteur a été conduit tout d'abord par ses belles recherches sur *Chara crinita.* Sa thèse fondamentale consiste à admettre que, dans tous les cas d'apogamie où la cellule-œuf n'ayant pas subi de réduction chromatique se développe en embryon normal sans fécondation, ce résultat est dû à un croisement entre espèces qui aurait pour effet de jeter le trouble dans le développement des organes de reproduction.

L'auteur accumule les arguments en faveur de cette théorie dont il entrevoit la preuve expérimentale.

Il rappelle d'ailleurs le cas signalé ici-même (*Archives 1905,* t. 19, p. 251) de certains hybrides d'Alchimilles normaux qui paraissent présenter tous les caractères de l'apogamie exclusive.

A. de C.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

DÉCEMBRE 1918

Le 3, forte gelée blanche le matin.
4, gelée blanche le matin.
5, forte gelée blanche et brouillard le matin, brouillard enveloppant de 9 h. 30 à 12 h et de 15 à 22 h. 30.
6, brouillard enveloppant de 7 h. 30 à 22 h. 30.
7, brouillard enveloppant de 18 à 22 h. 30.
8, brouillard de 9 à 14 h.
9, brouillard de 7 h. 30 à 14 h.
10, brouillard de 7 h. 30 à 15 h., halo lunaire à 20 h.
11, pluie de 13 h. 45 à 20 h., à 22 h. 30 et dans la nuit.
12, pluie de 11 à 22 h. 30 et dans la nuit.
14, brouillard enveloppant de 7 h. 30 à 12 h. et de 19 à 22 h. 30.
15, brouillard de 7 h. 30 à 11 h.
16, petite pluie de 19 à 22 h. et dans la nuit.
17, pluie de 19 à 22 h.
18, pluie de 15 à 19 h., de 20 à 22 h. 30 et dans la nuit.
19, pluie de 7 h. 30 à 17 h. et dans la nuit, vent fort toute la journée.
20, pluie de 7 h. 30 à 11 h. et de 17 à 22 h. 30.
21, neige dans la nuit, hauteur de la neige 1 cm.
22, pluie de 9 à 15 h., de 20 à 22 h. 30 et dans la nuit.
23, pluie de 7 h. 30 à 22 h. 30 et dans la nuit, vent très fort de 7 h. 30 à 18 h.
24, pluie de 8 h. 40 à 14 h. et de 17 à 18 h.
26, forte gelée blanche le matin.
28, pluie de 13 à 22 h. 30 et dans la nuit.
29, pluie de 8 à 10 h., de 14 à 16 h., de 20 à 22 h. 30 et dans la nuit.
30, pluie de 17 h. 10 à 19 h. 20 et dans la nuit.
31, pluie de 7 h. 30 à 9 h. et de 18 h. 20 à 20 h.

Hauteur totale de la neige : 1 cm tombé en 1 jour.

GENÈVE — DÉCEMBRE 1918

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 8 obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 ½	13 ½	21 ½	Dominant	V. moy. km/h.	Nébulosité 7 ½	13 ½	21 ½	Moy. 6 obs.	Durée d'inso-lation	Pluie Hauteur 24 h.	Nomb. d'heur.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm										h.	mm	
1	32.5	33.0	34.2	32.78	+ 6.04	30.4	34.3	NNE 1	NNE 1	NNE 1	NNE 1	6.2	10	1	0	3	4.1	....	....
2	33.6	32.5	32.4	33.09	+ 6.31	32.1	34.3	SSW 0	NNW 1	SSW 1	calme	1.4	10	1	0	4	4.8	....	....
3	31.5	31.6	31.8	31.76	+ 4.94	31.0	32.7	SE 0	W 0	SW 0	calme	0.9	10	10	10	10	0.0	....	....
4	32.0	30.9	32.4	31.96	+ 5.10	30.7	32.8	SE 0	N 0	SSW 0	calme	1.0	1	0	0	1	6.5	....	....
5	32.1	31.3	30.6	31.55	+ 4.65	29.4	33.0	SSE 0	SSW 0	SSE 0	calme	0.7	9	10	10	10	0.0	....	....
6	27.7	26.4	26.5	27.29	+ 0.35	25.9	29.4	SE 0	SSW 0	SW 0	calme	1.4	10	10	10	10	0.0	....	....
7	27.7	27.2	25.8	27.10	+ 0.12	25.3	28.5	SW 0	SSW 0	SW 0	calme	1.6	10	10	10	9	2.0	0.2	....
8	25.2	26.3	27.4	26.24	− 0.78	25.1	27.9	SW 0	SW 0	SE 0	calme	1.0	10	10	10	10	0.0	0.1	....
9	30.1	30.7	31.1	30.19	+ 3.13	27.7	31.4	SW 0	NNW 0	SSW 0	calme	0.9	10	10	10	9	0.6	0.1	....
10	31.0	31.3	32.5	31.68	+ 4.58	30.6	32.8	SSW 0	SW 0	W 0	calme	1.1	10	10	9	9	0.0	....	....
11	33.9	31.4	29.2	31.94	+ 4.80	29.0	33.9	SSE 1	SSW 1	NE 1	SSW 1	3.1	5	10	9	9	0.0	10.6	9
12	31.8	33.1	33.1	32.27	+ 5.09	29.1	33.6	NW 0	NW 0	SSW 0	calme	0.9	9	10	10	10	0.0	9.8	15
13	33.8	34.2	35.9	34.44	+ 7.22	33.3	36.2	SE 0	SW 0	SSW 0	calme	0.8	9	9	9	9	0.0	0.1	....
14	37.0	37.2	38.0	**37.31**	**+10.05**	36.2	**38.1**	SSW 0	SW 0	SE 1	calme	1.1	10	9	10	9	1.9	0.1	....
15	37.2	36.1	34.8	36.36	+ 9.06	34.0	37.8	SSW 0	NNW 0	SE 0	calme	0.7	10	9	8	8	0.0	...	....
16	34.3	32.8	31.3	33.07	+ 5.73	31.1	34.4	NE 0	SSE 0	SSE 0	calme	1.0	3	8	9	7	0.8	0.8	4
17	31.1	31.2	30.9	31.15	+ 3.78	30.3	31.7	SSW 1	SW 1	SSW 1	SSW 1	4.0	9	9	10	8	1.3	1.8	3
18	30.4	28.2	23.1	28.21	+ 0.80	20.4	31.8	S 0	S 0	SW 1	SW 1	2.8	9	10	10	10	0.0	**29.5**	14
19	17.0	18.3	18.4	18.38	− 9.07	16.8	20.4	SSW 2	W 1	SW 2	SSW 2	20.9	10	10	10	10	0.5	5.4	11
20	18.5	19.4	21.5	19.85	− 7.63	18.0	23.9	SSW 1	SW 1	SW 1	SSW 1	12.4	9	2	10	7	3.1	9.8	14
21	28.0	29.9	28.6	28.13	+ 0.61	23.9	30.0	SW 0	SW 1	SW 0	SW 1	3.6	9	8	1	6	2.4	4.0	4
22	23.1	23.5	24.8	24.48	− 3.08	23.0	26.8	SW 0	NNW 0	SW 1	SW 1	8.8	10	10	10	10	0.0	24.7	14
23	23.2	20.9	22.9	22.44	− 5.15	20.3	23.9	SSW 2	SSW 3	SSW 1	SSW 2	**28.5**	10	10	10	10	0.0	26.2	**23**
24	21.4	20.5	21.9	21.51	− 6.11	20.2	24.7	SSW 1	SSE 0	W 1	var.	2.9	10	10	10	10	0.0	3.6	6
25	25.0	24.0	25.4	24.80	− 2.85	23.8	26.2	SSE 0	SW 1	SW 0	calme	1.4	9	1	0	2	6.0	....	....
26	28.0	29.3	31.3	29.06	+ 1.38	26.2	32.0	SSW 1	NNE 1	NNE 1	NNE 1	5.6	8	2	0	3	4.7	....	....
27	32.8	32.2	31.6	32.31	+ 4.60	30.8	33.7	SSW 0	NW 1	SSW 0	var.	2.3	9	8	10	9	2.3	....	....
28	29.6	28.0	27.1	28.65	+ 0.92	26.8	30.8	SE 0	NNE 0	S 0	calme	1.1	10	10	10	10	0.0	8.0	13
29	26.3	25.9	25.7	26.12	− 1.64	25.6	26.8	SSE 0	E 0	NNW 1	calme	0.9	9	9	10	9	0.2	7.8	11
30	23.6	20.1	16.2	20.80	− 6.98	14.7	25.6	NNE 0	NNE 1	SW 1	SW 1	2.4	9	6	9	7	2.5	10.2	7
31	18.2	17.6	20.1	**17.57**	**−10.23**	**14.0**	21.2	SSW 1	SSW 1	SE 1	SSW 1	4.1	10	3	9	8	0.9	1.5	3
Mois	28.64	28.23	28.27	28.47	+ 0.51							4.05	8.9	7.6	7.8	7.9	44.6	154.3	151

GENÈVE — DÉCEMBRE 1918

Jour du mois	Température							Fraction de saturation en 0/0							Tempér. du Rhône		Limnimètre
	7 1/2	13 1/2	21 1/2	Moyenne 8 obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	7 1/2	13 1/2	21 1/2	Moyenne 8 obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	Midi	Ecart av. la norm.	
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm
1	1.6	3.6	1.9	2.51	+ 0.26	1.0	4.2	80	67	72	75	−10	62	93	—	—	1605
2	0.4	3.0	−0.2	1.41	− 0.71	−0.8	4.2	81	72	89	80	− 5	66	94	9.2	+1.3	1580
3	−0.8	1.3	2.1	0.64	− 1.36	−2.0	2.6	96	91	89	92	+ 7	86	97	8.5	+0.8	1575
4	0.0	7.9	2.0	3.60	+ 1.72	−0.7	10.0	97	59	93	83	− 2	54	98	8.0	+0.4	1560
5	−0.6	2.3	0.6	0.94	− 0.82	−1.2	2.9	100	100	100	100	**+15**	99	100	8.0	+0.5	1580
6	−1.5	0.0	−0 6	**−0.68**	**− 2.33**	−2.5	0.3	100	97	100	100	**+15**	96	100	8.1	+0.7	1570
7	−1.2	4.6	2.6	1.56	+ 0.02	−2.2	6.1	99	81	100	93	+ 8	78	100	8.0	+0.7	1555
8	1.6	4.3	4.0	2.95	+ 1.52	0.0	5.3	99	100	97	98	+13	92	100	—	—	1535
9	3.6	5.2	4.8	4.34	+ 3.02	3.0	6.9	100	98	93	98	+12	91	100	8.1	+1.0	1555
10	3.2	4.6	4.9	4.33	+ 3.11	2.8	6.0	99	99	93	97	+11	86	100	8.0	+0.9	1550
11	6.9	8.0	6.3	6.84	+ 5.72	5.0	8.8	72	67	92	79	− 7	65	95	8 0	+1.0	1520
12	4 6	6.8	6.5	5.94	+ 4.92	4.0	7.2	97	96	97	96	+10	94	98	8.2	+1.3	1560
13	7.2	11.0	10.2	9.01	+ 8.08	6.2	12.0	97	87	93	93	+ 7	85	98	8.1	+1.3	1575
14	7.9	8.4	5.6	7.85	+ 7.01	4.2	10.4	99	97	100	98	+12	95	100	8.2	+1.5	1565
15	4.8	7.3	6.3	5.90	+ 5.15	4.0	8.3	100	96	92	96	+10	86	100	—	—	1595
16	4.6	10.2	8.3	7.09	+ 6.32	2.0	11.4	91	76	82	87	+ 1	63	98	8.2	+1.7	1600
17	6.1	6.9	3.6	5.99	+ 5.40	3.0	9.8	75	58	87	**71**	**−15**	54	90	8.2	+1.7	1600
18	2.0	5.0	3.6	2.87	+ 2.36	1.2	5.8	91	66	95	88	+ 2	58	96	8.0	+1.6	1615
19	9.4	7.8	4.4	6.97	+ 6.53	3.5	9.8	72	63	77	74	−12	60	88	7.7	+1.4	1615
20	3.4	5.1	2.7	3.90	+ 3.63	0.2	7.3	83	82	93	78	− 8	61	95	7.2	+1.0	1670
21	1.4	4.4	0.8	1.77	+ 1.47	−0.1	5.0	91	67	86	83	− 3	64	95	7.0	+0.8	1645
22	0.0	3.5	8.4	3.64	+ 3.40	−0.8	9.2	97	98	83	90	+ 4	76	98	—	—	1645
23	10.7	11.1	7.3	10.08	+ 9.90	7.0	12.0	86	84	85	84	− 2	78	94	7.1	+1.1	1695
24	7.0	5.6	5.7	6.49	+ 6.37	4.9	8.5	74	91	73	79	− 7	60	93	6.8	+0.8	1885
25	2.0	7.2	−0.3	3.15	+ 3.08	−1.3	7.2	82	44	92	**71**	**−15**	**40**	96	—	—	1920
26	−0.9	2.1	1.6	0.44	+ 0.42	−2.2	3.2	89	71	70	81	− 5	58	98	6.2	+0.4	1950
27	−1.6	0.0	−0.7	−0.65	− 0.62	**−3.0**	0.8	82	68	89	81	− 5	66	91	5.7	−0.1	1935
28	−0.1	4.0	4.8	2.14	+ 2.21	−1.5	5.2	95	75	97	90	+ 4	74	97	5.8	+0.1	1925
29	6.4	9.6	8.7	7.76	+ 7.87	4.5	9.8	94	92	98	95	+ 8	91	98	—	—	1915
30	8.6	10.8	11.7	**10 36**	**+10.51**	7.8	**13.8**	94	88	68	85	− 2	68	95	5.8	+0.2	1950
31	4.2	6.4	4.7	5.37	+ 5.55	3.0	12.2	91	79	87	84	− 3	72	94	5.9	+0.4	1930
Mois	3.25	5.74	4.27	4.34	+ 3.54	1.58	7.30	90	81	89	87	+ 1			7.52	+0.91	1676

MOYENNES DE GENÈVE — DÉCEMBRE 1918

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700 +

Heure	1 1/2	4 1/2	7 1/2	10 1/2	13 1/2	16 1/2	19 1/2	22 1/2	Moyenne
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	30.17	30.22	30.34	31.08	30.12	30.00	30.51	30.47	30.36
2e »	30.64	30.49	30.50	31.10	30.20	29.95	29.82	29.67	30.30
3e »	25.19	25.08	25.40	25.81	24.72	24.52	24.87	25.05	25.08
Mois	28.56	28.49	28.64	29.22	28.23	28.04	28.28	28.29	28.47

Température

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	1.42	0.73	0.63	1.91	3.68	4.04	2.76	2.11	2.16
2e »	5.74	5.83	5.69	6.58	7.65	6.91	5.85	5.64	6.24
3e »	4.44	3.40	3.43	4.15	5.88	5.85	5.11	4.51	4.60
Mois	3.88	3 32	3.25	4.21	5.74	5.61	4.59	4.10	4.34

Fraction de saturation en %

1re déc.	93	94	95	92	86	86	92	93	92
2e »	87	88	88	84	79	82	89	91	86
3e »	86	88	89	84	78	79	82	86	84
Mois	89	90	90	87	81	82	87	90	87

Dans ce mois l'air a été calme 586 fois sur 1000

Le rapport des vents $\frac{NNE}{SSW} = \frac{17}{54} = 0.31$

Moyennes des 3 observations (7 1/2, 13 1/2, 21 1/2)

	mm
Pression atmosphérique	28.38
Nébulosité	8.1
Temp. $\frac{7\frac{1}{2} + 13\frac{1}{2} + 21\frac{1}{2}}{3}$ . . .	4°.42
Temp. $\frac{7\frac{1}{2} + 13\frac{1}{2} + 2 \times 21\frac{1}{2}}{4}$.	4°.38
Fraction de saturation	87 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

		mm
Press. atmosphérique .	(1836-1875)	727 96
Nébulosité	(1847-1875)	8.3
Hauteur de pluie . .	(1826-1875)	51.0
Nombre de jours de pluie	»	9
Temp. moyenne. . .	»	0°.80
Fract. de saturation	(1849-1875)	86 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	Céligny	Collex	Chambésy	Châtelaine	Satigny	Athenaz	Compesières
Hauteur d'eau en mm	227.4	196.8	169.2	136.5	239.2	226.1	114.0

Station	Veyrier	Observatoire	Cologny	Puplinge	Jussy	Hermance
Hauteur d'eau en mm	123.1	154.3	137.2	124.1	148.9	169.5

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS DE

DÉCEMBRE 1918

Les 13, 17, 28, 29, 30, et 31, brouillard une partie de la journée.
le 13, très forte bise.
le 19, vent très fort.

GRAND SAINT-BERNARD — DÉCEMBRE 1918

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm +							Vent				Nébulosité			
	7 1/2	13 1/2	21 1/2	Moyenne 3 obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	7 1/2	13 1/2	21 1/2	Dominant	7 1/2	13 1/2	21 1/2	Moyenne 3 obs.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm								
1	58.7	64.8	66.6	63.4	+ 1.5	58 3	66.8	NE 0	NE 0	NE 1	NE 1	0	0	0	0
2	66.9	67.1	67.3	67.1	+ 5.2	66.8	67 4	NE 1	NE 1	NE 0	NE 1	1	2	0	1
3	67.5	67.7	67.9	67.7	+ 5.8	67.4	68.0	NE 1	NE 0	NE 1	NE 1	2	10	3	5
4	67.7	68.1	69.5	68.4	+ 6.5	67.5	69.6	NE 2	NE 2	NE 1	NE 2	2	2	0	1
5	69 4	69 0	68.9	69.1	+ 7.2	68.5	69.5	NE 0	NE 0	NE 0	calme	0	1	0	0
6	66.7	65.8	65.5	66.0	+ 4.2	65.3	68.5	SW 1	SW 1	NE 1	SW 1	2	1	0	1
7	65.1	65.1	64.9	65.0	+ 3.2	64.2	65.3	NE 0	SW 1	NE 0	SW 1	1	3	0	2
8	63.3	63.2	64.6	63.7	+ 1.9	63.0	65.2	SW 0	NE 1	NE 0	NE 1	1	0	0	0
9	65 8	66.0	66.5	66 1	+ 4.3	65.2	66.6	NE 1	NE 1	NE 0	NE 1	2	1	0	1
10	66.0	66.3	67.3	66.5	+ 4.7	65.8	67.6	SW 1	SW 1	SW 0	SW 1	4	2	0	2
11	67.6	66.2	64.6	66.1	+ 4.4	63.8	67.8	NE 0	NE 0	NE 1	NE 1	1	10	10	7
12	66.6	67.2	68.4	67.4	+ 5.7	63.6	68.8	NE 1	NE 2	NE 1	NE 1	1	1	10	4
13	68.4	68.3	71.1	69.3	+ 7.6	68.3	71.8	NE 4	NE 4	NE 2	NE 3	10	10	10	10
14	72.5	73.3	74.4	**73.4**	**+11.7**	71.8	**74.5**	NE 0	NE 0	NE 0	calme	1	0	8	3
15	73.8	72.7	71.8	72.8	+11.1	71 2	74.3	NE 0	SW 1	NE 1	var.	8	0	0	3
16	69.8	68.2	66.7	68.2	+ 6.6	66.0	71.2	SW 0	NE 1	NE 1	NE 1	4	5	1	3
17	64.9	63.4	62.8	63.7	+ 2.1	62.7	66.0	NE 0	NE 1	NE 1	NE 1	10	10	9	10
18	62.8	62.4	60.1	61.8	+ 0.2	58 4	63.0	NE 0	SW 1	SW 1	SW 1	0	9	10	6
19	55.9	52.8	52.2	53.6	− 8.0	**52.1**	58.4	SW 1	SW 3	SW 3	SW 2	10	10	10	10
20	52.4	52.4	54.3	**53.0**	**− 8.6**	52.2	54.6	NE 1	NE 1	NE 1	NE 1	10	10	10	10
21	55.6	60.8	60.7	59.0	− 2.5	54.6	61.0	NE 2	NE 1	NE 0	NE 1	10	10	1	7
22	58.1	58.9	61.4	59.5	− 2.0	58.0	61.5	NE 1	NE 1	NE 1	NE 1	10	10	10	10
23	61.1	60.4	59.0	60.2	− 1.3	58.5	61 3	NE 1	SW 1	NE 1	NE 1	10	10	10	10
24	57.8	55.4	56.3	56.5	− 5.0	55.1	59.2	SW 0	SW 1	NE 1	var.	10	10	10	10
25	56.9	56.8	57.6	57.1	− 4.4	56.4	57.9	NE 1	NE 1	NE 1	NE 1	9	1	0	3
26	58.6	59.8	60.8	59.7	− 1.8	57.9	61.3	NE 1	NE 1	NE 1	NE 1	0	0	0	0
27	61.9	62.6	63.5	62.7	+ 1.3	61.3	63 8	NE 1	NE 1	NE 2	NE 1	0	0	0	0
28	63.9	63.4	63.6	63.6	+ 2.2	63.1	64 1	NE 1	NE 1	NE 2	NE 1	10	10	10	10
29	63.7	63.1	63.5	63.4	+ 2.0	62.8	63.9	NE 1	NE 1	SW 1	NE 1	10	10	10	10
30	62.1	60.4	57.3	59.9	− 1.5	56.2	63.3	NE 0	SW 1	SW 1	SW 1	10	10	10	10
31	53.2	53.5	55.3	54.0	− 7.4	53.0	56.2	NE 1	NE 1	NE 0	NE 1	10	10	0	7
Mois	63.38	63.39	63.69	63.49	+1.17							5.2	5.4	4.6	5.1

GRAND SAINT-BERNARD — DÉCEMBRE 1918

Jour du mois	Température							Fraction de saturation en %						Pluie et Neige			
	7 1/2	13 1/2	21 1/2	Moyenne 3 obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	7 1/2	13 1/2	21 1/2	Moyenne 3 obs.	Min.	Max.	Ancien Pluie	pluv. Neige	Nouv. Pluie	pluv. Neige
	°	°	°	°	°	°	°							mm	cm	mm	cm
1	−12.8	−12.7	− 8.3	−11.3	− 4.6	−13.5	− 8.0	84	70	49	68	41	90	....	....	....	....
2	− 6.0	− 2.5	− 3.6	− 4.0	+ 2.8	− 9.0	− 1.9	37	35	47	40	30	62	....	....	....	....
3	− 1.8	− 1.4	− 1.6	− 1.6	+ 5.3	− 3.2	0.2	66	80	96	81	62	98	....	....	....	....
4	− 2.0	0.2	− 0.6	− 0.8	+ 6.2	− 2.8	0.7	92	37	41	57	33	98	....	....	....	....
5	2.3	5.6	1.8	**3.2**	**+10.2**	− 1.0	**6.2**	38	41	58	45	31	64	....	....	....	....
6	0.3	3.8	2.2	2.1	+ 9.2	0.0	4.4	61	48	36	48	**27**	66	....	....	....	....
7	0.6	4.0	− 0.6	1.3	+ 8.5	− 1.0	4.2	40	52	60	51	28	63	....	....	....	....
8	− 1.8	− 2.2	− 4.2	− 2.7	+ 4.6	− 5.0	− 1.6	65	66	90	74	63	92	....	....	....	....
9	− 5.0	− 3.8	− 6.8	− 5.2	+ 2.2	− 7.0	− 3.3	100	83	90	91	76	100	....	....	....	....
10	− 6.2	− 4.2	− 6.6	− 5.7	+ 1.7	− 8.0	− 3.5	92	72	58	74	53	94	....	....	....	....
11	− 7.0	− 3.2	− 4.4	− 4.9	+ 2.6	− 8.1	− 2.8	88	72	100	87	67	100	22.6	28	27.0	40
12	− 7.2	− 4.2	− 1.8	− 4.4	+ 3.2	− 7.8	− 0.8	100	72	100	91	70	100	19.0	12	28.0	19
13	− 2.0	0.0	− 0.2	− 0.7	+ 6.9	− 2.4	0.5	100	100	100	100	99	100	17.0	....	48.0	9
14	− 2.8	0.4	0.0	− 0.8	+ 6.9	− 3.0	1.2	100	50	47	66	38	100	....	....	....	....
15	2.2	1.8	− 1.4	0.9	+ 8.6	− 1.6	3.2	42	54	70	55	40	71	....	....	....	....
16	− 1.8	− 1.1	− 1.2	− 1.4	+ 6.4	− 4.1	− 0.3	52	57	95	68	48	98	1.8	3	3.0	5
17	− 7.4	− 6.2	−10.2	− 7.9	0.0	−10.5	− 5.8	98	98	100	99	78	100	9.4	12	16.4	20
18	−12.6	− 8.0	− 6.8	− 9.1	− 1.1	−13.5	− 5.8	90	45	98	78	41	99	20.6	38	18.7	38
19	− 4.4	− 6.4	−10.8	− 7.2	+ 0.8	−11.0	− 4.0	99	95	98	97	92	99	27.5	46	44.4	70
20	−11.7	− 9.7	−11.8	−11.1	− 3.0	−13.0	− 8.8	98	98	98	98	96	98	16.4	20	30.3	33
21	−12.6	− 9.0	−14.6	−12.1	− 4.0	−15.0	− 7.9	98	95	82	92	80	98	10.9	17	16.0	26
22	− 6.2	− 4.2	− 3.2	− 4.5	+ 3.7	− 9.0	− 2.2	95	98	100	98	82	100	**60.9**	**70**	**75.0**	**80**
23	− 1.8	− 0.6	− 4.2	− 2.2	+ 6.0	− 4.6	0.0	100	100	100	100	98	100	41.0	51	57.0	68
24	− 6.0	− 3.8	− 6.8	− 5.5	+ 2.8	− 7.0	− 2.8	99	93	95	96	91	100	10.0	13	16.7	21
25	−13.4	−12.2	−16.8	−14.1	− 5.8	−17.5	−10.8	92	91	76	86	61	96	....	....	....	....
26	−17.0	−15.8	−16.2	**−16.3**	**− 7.9**	**−19.0**	−15.4	80	67	50	66	40	82	....	....	....	....
27	−14.8	−12.6	− 9.2	−12.2	− 3.8	−17.0	− 8.2	38	40	38	**39**	30	58	9.0	10	10.0	11
28	− 5.0	− 3.2	− 1.6	− 3.3	+ 5.1	− 9.5	− 1.0	98	99	100	99	58	100	10.0	12	31.2	30
29	− 1.8	− 0.2	− 1.8	− 1.3	+ 7.2	− 2.0	1.0	100	99	99	99	99	100	8.6	10	18.0	20
30	− 2.6	− 1.1	− 3.6	− 2.4	+ 6.1	− 4.0	− 0.7	95	85	99	93	78	100	12.0	16	14.0	18
31	− 5.8	− 4.2	−10.2	− 6.7	+ 1.9	−10.4	− 3.8	100	97	82	93	76	100	3.4	5	6.1	8
Mois	−5.62	−3.76	−5.33	−4.90	+2.69	−7.76	−2.51	82	74	79	78			300.1	363	459.8	516

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD — DÉCEMBRE 1918

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — 0mm.22. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500mm + — Fraction de saturation en %

Heure	7 ½ mm	13 ½ mm	21 ½ mm	Moyenne mm	7 ½	13 ½	21 ½	Moy.
1re décade	65.71	66 31	66.90	66.30	67	58	62	63
2e »	65.47	64.69	64 64	64.93	87	74	91	84
3e »	59.35	59.55	59.91	59.60	90	88	84	87
Mois	63.38	63 39	63.69	63 49	82	74	79	78

Température

Heure	7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne $\frac{7\frac{1}{2}+13\frac{1}{2}+21\frac{1}{2}}{3}$	Moyenne $\frac{7\frac{1}{2}+13\frac{1}{2}+2\times21\frac{1}{2}}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	−3.24	−1.32	−2.83	−2.47	−2.56
2e »	−5.47	−3.66	−4.86	−4.66	−4.71
3e »	−7.91	−6.08	−8.02	−7.34	−7.51
Mois	−5.62	−3.76	−5.33	−4 90	−5.01

Dans ce mois l'air a été calme 280 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{64}{20} = 3.20$

Pluie et neige dans le Val d'Entremont

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	Grand St-Bernard Anc. P.	Grand St-Bernard Nouv. P.
Eau en mm . .	273.9	99.9	148.5	300.1	459 8
Neige en cm . .	18	50	103	363	516

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

JANVIER 1919

Le 3, pluie de 20 à 22 h. 30 et dans la nuit.
5, pluie de 7 h. 35 à 11 h. 20 et dans la nuit, arc-en-ciel à 11 h. 30.

Le record de baisse barométrique du 7 mars 1917 a été battu le 5 janvier 1919. La dépression qui régnait depuis quelques jours sur la Manche et la mer du Nord a pris une grande extension du côté du sud, le 5 au matin, et a englobé la Suisse jusqu'aux Alpes. Sous son influence, le baromètre est tombé au-dessous de 700^{mm}, à Genève, le 5, de 1 h. 30 m. à 10 h. et a atteint le *minimum absolu* de l'observatoire à 6 h. 40 m. : **694^{mm}9**, un millimètre plus bas que le 7 mars 1917. Ce n'est cependant pas le minimum absolu *historique* pour Genève. Celui-ci a eu lieu le 24 décembre 1821 à 23 $^1/_2$ h. : observé par J.-A. De Luc neveu, et réduit à la hauteur de l'observatoire, il a dû être de 693^{mm}.7.

7, gelée blanche le matin, pluie dans la nuit.
9, gelée blanche le matin, pluie de 20 h. 30 à 22 h. 30 et dans la nuit.
11, forte gelée blanche et léger givre jusqu'à 10 h., halo lunaire à 19 h. 30 et 21 h. 30.
12, forte gelée blanche le matin, pluie de 18 à 22 h.
14, forte gelée blanche le matin.
15, gelée blanche le matin, halo lunaire de 17 à 22 h., pluie dans la nuit.
16, pluie de 7 h. 30 à 17 h., de 18 à 20 h. et dans la nuit.
17, pluie de 8 à 9, de 10 à 11 et de 11 h. 30 à 13 h. 45, pluie et neige dans la nuit.
18, forte bise depuis 17 h.
19, très forte bise toute la journée.
les 23 et 24, forte bise de 13 à 22 h.
25 et 27, quelques flocons de neige.
le 28, neige de 8 à 11 et de 15 h. 20 à 20 h., haut. 2 cm.
les 29 et 30, quelques flocons de neige.

Hauteur totale de la neige : 2 cm. tombés en 1 jour.
Neige sur le sol : du 28 au 31.

GENÈVE — JANVIER 1919

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 8 obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 ½	Vent 13 ½	Vent 21 ½	Vent Dominant	V. moy. km/h.	Nébulosité 7 ½	13 ½	21 ½	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Pluie Nomb. d'heur.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm										h.	mm	
1	23.8	26.1	28.0	25.29	− 2.53	21.2	28.5	SSW 0	NNE 1	SW 1	var.	2.5	9	2	0	5	3.1	....	....
2	27.5	26.9	27.0	27.39	− 0.45	26.8	28.4	NW 0	SSW 1	SSW 1	SSW 1	2.3	9	9	9	9	0.0	....	....
3	25.4	21.8	13.7	21.44	− 6.42	11.6	26.8	SSW 1	W 1	NNE 1	NNE 1	3.4	9	9	10	9	1.0	16.8	9
4	11.4	6.5	2.0	7.37	−20.50	99.7	11.9	SW 1	NNE 1	SW 1	var.	3.8	10	7	0	7	4.8	....	....
5	95.6	2.5	9.4	**2.14**	**−25.75**	**94.9**	10.1	SW 1	SSW 2	SW 1	SW 1	6.5	10	5	2	6	1.3	**23.3**	8
6	11.8	13.8	13.3	12.52	−15.38	10.0	14.3	SSW 0	SSW 1	E 1	var.	3.4	10	9	0	5	1.3	....	....
7	7.6	8.1	8.6	8.54	−19.37	7.5	10.9	NW 0	NE 1	SSE 1	var.	2.3	10	9	8	8	0.3	0.4	1
8	11.0	15.3	21.0	14.73	−13.18	8.8	21.7	SE 0	NNW 0	NW 1	calme	1.4	10	10	0	8	0.0	....	....
9	22.7	23.9	25 9	23.62	− 4.30	21.7	26.6	SSW 1	SSW 1	SW 1	SSW 1	2.8	0	8	10	5	3.6	1.8	3
10	26.4	25.7	26.3	26.29	− 1.63	25.5	26.8	SW 0	SW 1	SW 0	calme	1.6	9	9	0	6	0.0	....	....
11	27.2	26.8	25.6	26.66	− 1.26	25.1	28.3	SW 0	SW 0	SW 0	calme	1.7	0	0	0	2	3.6	....	....
12	23.7	23.1	24.2	23.80	− 4.12	22.7	25.1	SSW 1	SW 1	SW 1	SW 1	6.9	8	9	10	9	1.4	1.2	4
13	25.6	26.0	28.1	26.07	− 1.85	24.9	29.2	SW 1	NW 1	SW 1	NW 1	2.9	9	9	0	5	3.8	....	....
14	31.3	32.2	32.8	31.70	+ 3.79	29.2	33.3	SW 0	NNW 0	NNW 0	calme	1.3	9	0	0	3	6.4	....	....
15	32.6	31.0	28.9	31.40	+ 3.50	28.6	33.3	SSW 0	SSW 0	W 0	calme	1.6	9	2	9	7	4.7	1.5	8
16	30.3	29.1	26.9	28.81	+ 0.92	26.3	30.7	SW 1	SW 0	S 0	calme	1.6	10	10	9	10	0.0	5.5	**14**
17	25.4	26.0	26.7	26.06	− 1.82	25.2	27.0	SSE 0	S 1	SSW 1	SSW 1	3.8	10	9	9	9	1.5	2.0	8
18	23.8	23.0	24.9	24.19	− 3.68	22.7	26.0	NNW 1	NE 1	NNE 2	NNE 2	14.7	9	8	7	8	0.9	....	....
19	26.1	26.9	29.1	27.15	− 0.70	25.3	29.3	NNE 2	NNE 3	NNE 2	NNE 3	**36.0**	1	1	1	1	**7.3**	....	....
20	28.7	27.8	26.1	27.88	+ 0.05	25.3	29.3	SE 0	NNE 1	NE 1	NE 1	4.2	0	1	9	4	2.9	....	....
21	25.2	25.9	28.1	26.28	− 1 53	25.1	28.5	NE 0	NE 0	NE 0	calme	1.5	7	8	9	8	2.6	....	....
22	27.8	26.6	29.3	28 07	+ 0.28	26.2	29.6	NE 0	NE 1	NNE 1	NNE 1	9.4	10	10	10	10	0.0	....	....
23	30 5	29.1	29.8	29.57	+ 1.80	28.5	31.0	E 1	NNE 2	NNE 3	NNE 2	21.9	8	9	7	8	2.7	....	....
24	33.5	34.0	34.4	**33.64**	+ **5.90**	31.0	**34.7**	NNE 1	NNE 2	NNE 2	NNE 2	18.9	9	9	10	9	0.0	....	....
25	34.0	33.3	32.6	33.44	+ 5.73	31.7	34.3	NNE 1	NNE 2	NNE 1	NNE 2	13.8	10	10	10	10	0.0	....	....
26	29.4	27.8	27.3	28.70	+ 1.02	26.1	31.7	E 1	SE 1	S 1	SE 1	5.0	9	10	10	10	0.0	....	....
27	22.5	20.5	20.4	21.88	− 5.77	19.0	26.1	W 0	N 1	SW 0	calme	1.4	8	10	0	6	1.4	0.2	....
28	18.3	18.9	19.7	18.96	− 8.65	17.6	19.8	SSW 0	SSW 1	W 0	var.	2.6	9	8	10	9	0.0	1.0	8
29	19.1	19.2	21.8	19.94	− 7.63	18.9	22.3	E 1	NE 1	NE 1	NE 1	4.4	9	10	10	10	0.0	....	....
30	23.7	24.3	25.5	24.27	− 3.26	22.3	25.8	SW 0	NE 0	SW 1	NNE 1	2.6	10	10	9	10	1.0	....	....
31	26.3	25.5	25.3	25.81	− 1.68	25.1	26 4	SSW 0	NNE 1	NE 1	NNE 1	4.4	10	9	6	9	0.1	....	....
Mois	23.51	23.48	23.95	23.67	− 3.70							6.15	8.1	7.4	5.9	7.3	55.7	53.7	63

Jour du mois	Température							Fraction de saturation en 0/0							Tempér. du Rhône		Limnimètre
	7 1/2	13 1/2	21 1/2	Moyenne 8 obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	7 1/2	13 1/2	21 1/2	Moyenne 8 obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	Midi	Ecart av. la norm.	
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm
1	3.4	5.7	1.5	3.70	+ 3.91	0.5	6.4	93	74	90	86	0	68	95	—	—	1945
2	3.2	6.8	6.3	4.53	+ 4.77	0.0	7.4	73	54	61	71	−15	50	94	5.8	+0.4	1945
3	6.0	8.6	6.0	**7.05**	+ **7.31**	5.3	**10.3**	71	67	92	72	−14	60	93	5.6	+0.2	1910
4	4.6	7.5	5.3	5.72	+ 6.00	3.0	9.8	89	87	89	85	− 1	51	96	6.2	+0.8	1900
5	4.0	7.4	6.3	5.45	+ 5.74	3.0	8.6	93	70	65	77	− 9	53	96	—	—	1855
6	2.8	5.8	2.8	3.80	+ 4.11	1.0	7.2	86	61	72	75	−11	52	93	6.3	+1.0	1830
7	0.8	1.8	0.3	1.03	+ 1.35	−0.5	3.0	92	87	94	89	+ 3	81	96	6.2	+1.0	1810
8	0.3	5.4	2.5	2.54	+ 2.86	−0.8	6.2	92	78	93	87	+ 1	72	95	6.3	+1.1	1765
9	−0.8	5.8	6.0	3.01	+ 3.33	−2.0	7.6	96	75	79	85	− 1	68	97	6.0	+0.9	1785
10	3.4	5.7	2.5	4.25	+ 4.57	1.5	6.2	97	85	93	92	+ 6	81	98	6.0	+0.9	1785
11	−0.8	3.0	0.1	0.65	+ 0.97	−2.2	3.8	98	84	95	**93**	+ **7**	82	**99**	6 0	+0.9	1780
12	−0.4	5.8	3.6	2.54	+ 2.85	−2.0	6.3	72	44	87	75	−11	**41**	97	—	—	1785
13	2.2	6.0	0.7	3.15	+ 3.45	−0.4	7.2	85	73	90	81	− 5	65	93	5.8	+0.8	1765
14	−1.3	7.5	0.3	1.75	+ 2.04	−2.2	7.8	94	59	93	84	− 2	55	97	5.8	+0.8	1770
15	0.0	8.7	2.4	2.91	+ 3.18	−1.0	8.7	93	57	80	81	− 5	51	97	5.8	+0.8	1770
16	6.1	6.2	4.5	5.99	+ 6.24	1.5	9.0	85	94	91	83	− 3	57	95	5.7	+0.7	1780
17	1.6	5.4	1.9	2.53	+ 2.76	0.0	6.3	94	75	83	87	+ 1	70	96	5.8	+0.9	1745
18	0.6	2.4	1.8	1.66	+ 1.86	−0.5	3.2	88	83	74	81	− 5	68	91	5.8	+0.9	1760
19	1.4	3.0	1.3	1.89	+ 2.07	0.3	3.3	70	52	79	**66**	**−20**	48	79	—	—	1735
20	−2.8	1.0	0.7	−0.44	− 0.30	−4.0	2.4	96	80	82	86	0	74	97	5.8	+0.9	1705
21	−4.0	0.4	−1.1	−1.50	− 1.39	−4.6	0.4	91	81	90	87	+ 1	76	96	5.7	+0.8	1690
22	−2.2	−1.5	−1.5	−1.74	− 1.67	−3.0	−1.0	94	94	73	89	+ 3	71	96	5.8	+1.0	1670
23	−3.0	0.5	−0.4	−1.01	− 0.98	−4.0	1.0	92	87	85	83	− 3	71	94	5.4	+0.6	1655
24	−0.9	−0.2	−1.5	−0.99	− 1.00	−2.8	0.0	88	70	90	82	− 3	68	91	5.3	+0.5	1645
25	−1.6	−1.4	−2.4	−1.74	− 1.80	−3.2	−1.4	74	77	79	81	− 4	71	90	5.0	+0.2	1610
26	−2.8	−2.4	−3.2	−2.70	− 2.80	−3.8	−2.3	85	85	84	82	− 3	76	88	—	—	1605
27	−4.5	−1.2	−2.9	−2.64	− 2.79	−5.3	−0.6	83	77	95	84	− 1	73	97	5.2	+0.4	1580
28	−5.8	−0.9	−1.3	**−2 72**	− **2.93**	**−7.8**	−0.3	95	86	94	92	+ **7**	80	98	5.1	+0.3	1580
29	−3.2	−1.2	−0.2	−1.42	− 1.68	−3.8	0.0	96	88	81	89	+ 4	78	97	5.0	+0.2	1565
30	−1.4	0.5	−0.2	−0.39	− 1.71	−2.1	1.0	88	67	85	83	− 2	63	94	5.0	+0.2	1575
31	−2.1	1.2	1.0	−0.69	− 1.07	−3.5	1.8	94	89	64	84	− 1	57	98	5.0	+0.2	1565
Mois	0.09	3.33	1.39	1.49	+ 1.57	−1.40	4.17	88	75	84	83	− 3			5.67	+0.56	1738

MOYENNES DE GENÈVE — JANVIER 1919

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700 +

Heure	1 1/2	4 1/2	7 1/2	10 1/2	13 1/2	16 1/2	19 1/2	22 1/2	Moyenne
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	16.35	16.16	16.33	17.44	17.08	17.11	17.54	17.47	16 93
2e »	27.37	27.47	27.48	27.85	27.20	27.08	27.28	27.24	27.37
3e »	26.61	26.42	26.39	26.56	25.92	26.04	26.65	26.71	26.41
Mois	23.55	23.45	23.51	24.03	23.48	23.50	23.91	23.90	23.67

Température

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	3.02	2.79	2.77	3.52	6.05	6.19	4.91	3 61	4.11
2e »	1.29	0.62	0.66	2.37	4.90	4.13	2.50	1.63	2.26
3e »	–2.09	–2.65	–2.86	–1.67	–0.56	–0.48	–0.96	–1.46	–1.59
Mois	0.65	0.16	0.09	1.31	3.33	3.16	2.05	1.17	1.49

Fraction de saturation en %

1re déc.	86	88	88	85	74	69	79	84	82
2e »	85	86	88	83	70	74	83	84	82
3e »	86	88	89	85	82	82	83	85	85
Mois	86	88	88	84	75	75	82	85	83

Dans ce mois l'air a été calme 360 fois sur 1000

Le rapport des vents $\frac{\text{NNE.}}{\text{SSW}} = \frac{79}{42} = 1.88$

Moyennes des 3 observations (7 1/2, 13 1/2, 21 1/2)

	mm
Pression atmosphérique	23.65
Nébulosité	7.1
Temp. $\frac{7\,^1/_2 + 13\,^1/_2 + 21\,^1/_2}{3}$	1°.60
Temp. $\frac{7\,^1/_2 + 13\,^1/_2 + 2 \times 21\,^1/_2}{4}$	1°.55
Fraction de saturation	82 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

		mm
Press. atmosphérique	(1836-1875)	727.37
Nébulosité	(1847-1875)	7.9
Hauteur de pluie	(1826-1875)	48.8
Nombre de jours de pluie	»	10
Temp. moyenne	»	–0°.08
Fract. de saturation	(1849-1875)	86 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	Céligny	Collex	Chambésy	Châtelaine	Satigny	Athenaz	Compesières
Hauteur d'eau en mm	56.5	49.4	51.8	46.0	49.0	47.8	?

Station	Veyrier	Observatoire	Cologny	Puplinge	Jussy	Hermance
Hauteur d'eau en mm	50.5	53.7	44.8	35.9	36.8	47.0

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS DE

JANVIER 1919

Les 1, 2, 4, 5, 6, 8, 17, 18 et 30, brouillard une partie de la journée.

» 7 et 19, brouillard toute la journée.

» 4, 5, 6, 7, 9 et 23, vent violent.

» 17 et 18, forte bise.

La baisse barométrique du 5 n'a pas constitué le minimum absolu du Grand-Saint-Bernard. Le minimum noté ce matin-là est de 539^{mm}.9. Il est un peu moins bas que celui du 7 mars 1917 qui était de 539^{mm}.7.

GRAND SAINT-BERNARD — JANVIER 1919

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm +							Vent				Nébulosité			
	7 1/2	13 1/2	21 1/2	Moyenne 3 obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	7 1/2	13 1/2	21 1/2	Dominant	7 1/2	13 1/2	21 1/2	Moyenne 3 obs.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm								
1	57.8	59.8	61.8	59.8	– 1.6	57 2	62.2	NE 1	NE 1	NE 1	NE 1	10	0	0	3
2	62.8	62.3	62.1	62.4	+ 1.1	61.8	63 0	NE 1	SW 1	SW 0	var.	10	4	0	5
3	61.6	60.6	57.7	60.0	– 1.3	55.8	61.8	SW 2	SW 2	SW 2	SW 2	10	4	10	8
4	52.1	49.0	47.8	49.6	–11.7	45.1	55.8	SW 3	SW 5	SW 5	SW 4	10	10	10	10
5	40 8	44 1	48.5	**44.5**	**–16.8**	**39.9**	49.0	SW 5	SW 3	SW 4	SW 4	10	9	10	10
6	49.8	51.0	52.3	51.0	–10.3	49.0	52.5	SW 1	SW 2	SW 4	SW 2	10	10	10	10
7	50.0	48.6	48.0	48.9	–12.3	51.8	47.8	SW 3	SW 5	SW 5	SW 4	10	10	10	10
8	50.0	52.7	57.0	53.2	– 8.0	48.1	57.7	NE 2	NE 0	NE 0	NE 2	10	10	0	7
9	60 1	61.5	61.2	60 9	– 0.3	57.7	61.6	SW 3	SW 2	SW 1	SW 2	10	4	10	8
10	61.1	60.5	60.5	60.7	– 0.4	60.3	61.3	NE 0	SW 1	SW 1	SW 1	8	2	3	4
11	60.6	60.0	60.7	60.4	– 0.7	59.8	60.9	NE 0	NE 1	NE 1	NE 1	1	0	0	0
12	59.1	58.8	59.2	59.0	– 2.1	58.6	60.4	SW 1	SW 1	SW 1	SW 1	1	4	10	5
13	59.4	60.3	62.0	60.6	– 0.5	59.2	62.7	SW 1	SW 1	NE 1	SW 1	4	9	0	4
14	63.7	65.3	67.0	65.3	+ 4.3	62.7	67.4	SW 0	NE 1	NE 1	NE 1	0	0	0	0
15	67.8	68.2	67.5	**67.8**	**+ 7.8**	67.1	**68.6**	NE 0	NE 1	NE 1	NE 1	0	1	10	4
16	66.2	63.6	61.1	63.6	+ 3.6	60.5	67.1	SW 0	SW 1	NE 1	var.	10	10	10	10
17	60.0	58.6	58.3	59.0	– 2.0	58.0	60.5	NE 1	NE 1	NE 3	NE 2	5	10	10	8
18	56.2	54.6	55.1	55.3	– 5.6	54.1	58.0	NE 1	NE 2	NE 4	NE 2	0	10	10	7
19	57.0	57.5	59.6	58.0	– 2.9	55.6	59.8	NE 2	NE 1	NE 1	NE 1	10	10	10	10
20	60.0	59.3	59.1	59.5	– 1.4	58.8	60.2	NE 1	NE 1	NE 1	NE 1	0	0	0	0
21	58.1	58.2	59.6	58.6	– 2.2	58.0	59.9	NE 1	NE 1	NE 1	NE 1	1	1	0	1
22	59.4	59.1	59.9	59.5	– 1.3	58.8	60.1	SW 0	NE 1	NE 1	NE 1	6	3	0	3
23	59.9	58.5	59.8	59.4	– 1.4	57.8	60 6	NE 1	NE 1	SW 3	NE 1	0	0	10	3
24	63.8	64.7	64.5	64.3	+ 3.6	60.6	64.9	SW 2	NE 1	SW 1	SW 1	6	2	7	5
25	65.0	64.6	63.2	64.3	+ 3.6	62.6	65.4	SW 1	NE 1	NE 1	NE 1	10	0	0	3
26	60.1	59.2	58.7	59.3	– 1.3	58.0	62.6	NE 1	NE 1	NE 1	NE 1	0	0	0	0
27	56.2	55.2	52.4	54.6	– 6 0	51.8	58 0	NE 1	NE 1	NE 1	NE 1	0	1	10	4
28	50.8	50.6	51.3	50.9	– 9.7	50.2	51 8	NE 1	NE 1	NE 1	NE 1	10	10	10	10
29	51.8	51.7	53.1	52.2	– 8.3	51.2	53.7	SW 0	NE 1	NE 1	NE 1	6	0	0	2
30	55.1	55.8	57.2	56.0	– 4.5	53.7	57.3	SW 1	SW 1	NE 1	SW 1	10	1	0	4
31	58.1	57.6	58.2	58.0	– 2.5	57.2	58.3	SW 0	NE 1	NE 1	NE 1	0	0	0	0
Mois	57.88	57.79	58.21	57.96	– 2.53							5.7	4.4	5.2	5.1

GRAND SAINT-BERNARD — JANVIER 1919

Jour du mois	Température 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 3 obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	Fraction de saturation en % 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 3 obs.	Min.	Max.	Pluie et Neige: Ancien Pluie	Ancien pluv. Neige	Nouv. Pluie	Nouv. pluv. Neige
	°	°	°	°	°	°	°							mm	cm	mm	cm
1	−10.8	−10.2	−11.8	−10.9	− 2.3	−11.8	− 9 8	92	85	76	84	56	95	....	....	....	....
2	− 8.0	− 2.2	− 6.0	− 5.4	+ 3.2	−10.2	− 1.0	80	76	66	74	27	89	0.8	2	0.8	2
3	− 6.2	− 5.2	− 9.6	− 7.0	+ 1.7	−10.2	− 5.0	95	75	100	90	51	100	13.4	14	25.5	25
4	− 8.4	− 8.2	− 8.2	− 8.3	+ 0.4	− 9.2	− 7.3	98	96	96	97	95	98	12.0	10	32.5	27
5	− 6.4	− 5.8	− 8.0	− 6.7	+ 2.0	− 8.2	− 5.2	99	100	95	98	93	100	7.0	5	15.2	11
6	− 8.6	− 7.6	−10.0	− 8.7	+ 0.1	−10.8	− 7.2	95	95	95	95	94	98	5.8	7	7.8	14
7	−10.6	− 9.4	− 7.2	− 9.1	− 0.3	−11.7	− 6 8	94	95	96	95	94	98	**21.0**	**22**	**37.4**	**38**
8	− 5.2	− 5.2	− 7.0	− 5.8	+ 3.0	− 8.1	− 4.0	97	98	97	97	96	99	9.5	10	12.4	16
9	− 6.0	− 5.8	− 6.4	− 6.1	+ 2.7	− 8.3	− 5.6	92	90	66	83	63	98	....	....	....	....
10	− 7.4	− 6.9	− 8.6	− 7.6	+ 1.3	− 9.0	− 6.0	97	85	90	91	72	99	1.7	6	2.5	10
11	−12.4	−12.4	−12.0	−12.3	− 3.4	−12.8	− 9.8	70	72	56	66	46	82	....	....	....	...
12	− 9.2	− 8.4	− 9.6	− 9.1	− 0.2	−11.5	− 7.8	45	49	88	61	34	96	1.1	2	1.6	3
13	−11.2	− 9.8	−10.6	−10.5	− 1.6	−12.4	− 7.4	82	62	69	71	60	87	....	....	....	....
14	−10.4	− 7.0	− 5.2	− 7.5	+ 1.4	−10.6	− 5 0	72	67	36	58	26	74	.. .	....	....	....
15	− 1.8	− 0.8	− 2.8	− **1 8**	+ **7.2**	− 5.2	− **0.5**	70	72	79	74	36	80	....	....	....	....
16	− 3.2	− 3.4	− 6.6	− 4.4	+ 4.6	− 7.2	− 2.2	80	95	100	92	67	100	4 8	4	8.5	11
17	−12.8	− 9.0	−12.8	−11.5	− 2.5	−13.7	− 7.6	76	82	98	85	48	100	2.5	6	11.2	16
18	−14.4	−13.2	−14.7	−14.1	− 5.1	−15.2	−12.4	98	98	92	96	92	100	4 0	5	9.6	15
19	−15.4	−14.2	−15.2	−14.9	− 5.9	−15.6	−13.8	90	95	95	93	92	98	0.9	2	3.9	6
20	−14.8	− 9.2	−12.6	−12.2	− 3.2	−16.0	− 8.7	95	27	59	60	**21**	97	....	....	....	....
21	− 9.2	− 9.6	−10.9	− 9.9	− 0.9	−12.0	− 8.9	39	48	47	**45**	30	56	....	....	....	....
22	−11.4	−11.0	−12.8	−11.7	− 2.6	−13.4	−10.0	34	57	54	48	29	63	....	....	....	....
23	−13.3	−11.8	−15.4	−13.5	− 4.4	−15.8	−11.0	32	55	98	62	26	100	....	....	....	....
24	−14.6	− 9.4	− 9.0	−11.0	− 1.9	−15.2	− 6.8	87	56	78	74	52	99	....	....	....	....
25	− 8.6	− 7.6	−10.4	− 8.9	+ 0.2	−10.6	− 5.8	97	83	76	85	70	98	....	....	....	....
26	−10.2	− 8.8	−12.2	−10.4	− 1.3	−12.6	− 7.5	52	49	69	57	34	74	....	....	....	....
27	−13.2	−11 4	−14.8	−13.1	− 4.0	−15.4	−10 4	64	62	100	75	58	100	1.0	2	2.8	4
28	−16.4	−14.8	−16.2	**−15.8**	− **6.7**	−16.7	−14.5	100	99	98	**99**	96	100	6.0	11	18.7	26
29	−11.6	−10.2	−13.6	−11.8	− 2.7	**−16 8**	− 9.7	100	98	90	96	87	100	....	....	....	....
30	−14.8	−12.0	−14.6	−13.8	− 4.7	−15.1	−11.5	95	95	95	95	88	99	....	....	....	....
31	−14.6	− 9.6	−14.7	−13.0	− 3.9	−14.9	− 8.7	86	65	82	78	63	94	....	....	....	....
Mois	−10.36	−8.71	−10.63	−9.90	−0.86	−12.16	−7.67	81	77	82	80			91.5	108	190.4	224

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD — JANVIER 1919

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — 0mm.22. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500mm + / Fraction de saturation en %

Heure	7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne	7 ½	13 ½	21 ½	Moy.
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	54.61	55.01	55.69	55.10	94	89	88	90
2e »	61.00	60.62	60.96	60.86	78	72	77	76
3e »	58.03	57.75	57.99	57.92	71	70	81	74
Mois	57.88	57.79	58.21	57.96	81	77	82	80

Température

Heure	7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne $\frac{7\frac{1}{2}+13\frac{1}{2}+21\frac{1}{2}}{3}$	Moyenne $\frac{7\frac{1}{2}+13\frac{1}{2}+2\times21\frac{1}{2}}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	− 7.76	− 6 65	− 8.28	− 7.56	− 7.74
2e »	−10.56	− 8.74	−10.21	− 9.84	− 9.93
3e »	−12.54	−10.56	−13.15	−12.08	−12.35
Mois	−10.36	− 8.71	−10.63	− 9 90	−10 08

Dans ce mois l'air a été calme 118 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{57}{75} = 0.76$

Pluie et neige dans le Val d'Entremont

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	Grand St-Bernard Anc. P.	Grand St-Bernard Nouv. P.
Eau en mm . .	22 4	23 0	64.5	91.5	190.4
Neige en cm . .	0	22	88	108	224

LE ZODIAQUE LUNAIRE ASIATIQUE

PAR

Léopold de SAUSSURE

(Avec 2 fig.).

Dès le début des études sanscritiques, les indianistes constatèrent dans les livres védiques l'existence de divisions stellaires en rapport avec le mouvement de la lune et consacrées par des croyances religieuses. Ces divisions, très inégales entre elles et jalonnées par des astérismes, sont appelées *nakshatra*. Leur usage s'est perpétué jusqu'à nos jours et Colebrooke, en 1807, aidé par des pandits hindous, a identifié avec exactitude les étoiles fondamentales *yogatârâ* qui en marquent les limites[1].

On reconnut aussitôt la communauté d'origine de ce système et de celui des 28 *sieou* chinois, que les ouvrages du P. Gaubil, missionnaire jésuite, avaient fait connaître en Europe au XVIII[e] siècle.

On admit également cette communauté d'origine avec celui des 27 *menâzil* arabes, qui lui-même semble provenir d'un système d'astérismes chaldéens dont on n'a découvert que des fragments. Les *menâzil* arabes sont assimilés au *mazzalôt*

[1] « Les identifications de Colebrooke se trouvent confirmées par un document qui lui est antérieur de huit siècles. Le voyageur arabe Albirouni avait mis beaucoup d'intérêt à reconnaître dans le ciel les étoiles déterminatrices des mansions lunaires des Hindous, institution qu'il supposait, par préjugé national, leur être venue des Arabes. Il trouva, comme Colebrooke, les pandits très peu exercés à la connaissance pratique du ciel » (Biot. Etudes, 1862).

biblique (*Rois*. 23, 5) et leur existence paraît être établie dans les temps pré-coraniques.

La civilisation babylonienne étant beaucoup plus ancienne que celle de l'Inde et de la Chine, les savants inclinent à penser (Weber, 1860; Ginzel, 1906: Oldenberg, 1909) que l'origine première du système doit être placée en Chaldée.

Historique de la discussion. — Le chronologiste allemand Ideler ayant, en 1839, appliqué aux *sieou* chinois le terme de « stations lunaires », J. B. Biot répondit dans le *Journal des Savants* en montrant fort justement que dès la haute antiquité l'astronomie chinoise est fondée sur le pôle et le méridien, que les 28 *sieou* y sont des divisions équatoriales, sans rapport spécial avec la lune, et qu'ils ont été choisis, aux environs du 24me siècle avant notre ère, d'après leur correspondance avec le passage au méridien des principales circompolaires, ce qui explique la grande inégalité de ces divisions. L'évidence de ce fait créa dans l'esprit de Biot l'inébranlable certitude que les *nakshatra* hindous ne pouvaient être qu'une corruption des *sieou* chinois importés dans l'Inde, thèse qu'il soutint jusqu'à sa mort (1862). Dix ans plus tard l'indianiste américain Whitney, dans son étude intitulée *Lunar zodiac,* réfuta cette opinion mais crut devoir faire une contre-offensive: il tourna en dérision la théorie de Biot sur la détermination circompolaire des *sieou* chinois et soutint, inversement, que ceux-ci n'étaient qu'une corruption des *nakshatra* hindous importés en Chine à une date peu ancienne. Personne, depuis quarante ans, n'avait encore répondu à Whitney et les sinologues inclinaient à admettre ses idées, lorsque je fus amené, par une circonstance forfuite, à contester leurs vues sur l'origine de la science chinoise et à reprendre l'étude de l'astronomie antique.

Après avoir confirmé l'exactitude de la théorie de Biot quant au caractère équatorial de la méthode chinoise, j'ai pu montrer qu'il s'était trompé en croyant que la correspondance entre les *sieou* et les circompolaires avait été le *but* recherché par les astronomes antiques. Leur intention était d'obtenir l'exacte opposition diamétrale des *sieou*; et pour arriver à ce résultat il leur fallait se servir de l'alignement AP et PA (P étant le

pôle et A une circompolaire) en prolongeant cet alignement jusqu'aux régions équatoriales opposées, qui ne sont pas visibles simultanément[1].

Par ce procédé ils obtinrent l'admirable symétrie diamétrale que j'ai révélée par le diagramme publié ici même en 1907[2]. Ce document n'a pas créé seulement un fait nouveau en ce qui concerne les origines du système astronomique chinois : contrairement à ce que je croyais à cette époque où, encore influencé par Biot, je rejetais l'idée qu'un zodiaque lunaire (nécessairement écliptique) ait pu intervenir dans l'astronomie équatoriale des Chinois, il ouvre de nouveaux aperçus dans le débat qui se prolonge depuis plus d'un siècle au sujet du zodiaque lunaire.

C'est ce que je me propose d'exposer ici. A cet effet il convient d'abord de compléter les principes généraux que j'avais formulés au sujet de l'astronomie primitive. Car le zodiaque lunaire — je l'ai compris depuis lors — est un procédé rudimentaire, resté ignoré des historiens de l'astronomie et dont il est dès maintenant possible d'esquisser la théorie.

Le problème sidéro-solaire.

Notre zodiaque, d'origine gréco-chaldéenne, évoque avant tout l'idée du soleil et sert à marquer la position de cet astre au cours des douze mois de l'année. Mais cet emploi ne rend pas compte de sa genèse lointaine car le soleil, effaçant les étoiles par sa présence, ne laisse pas observer directement son lieu

[1] En d'autres termes, pour choisir deux petites étoiles équatoriales a et a' opposées en ascension droite (c'est-à-dire en longitude équatoriale) ils dressèrent un plan vertical dirigé vers le pôle et, à diverses époques de l'année, ils observèrent quelles étaient les étoiles de la région médiane du ciel passant au méridien en même temps que la circompolaire A. C'est là un procédé analogue à celui qu'emploient les ingénieurs pour obtenir l'exacte opposition de direction des deux amorces d'un tunnel : ils établissent sur le sommet de la montagne un jalonnement qui se prolonge sur les deux versants. La région circompolaire, toujours visible, est le *sommet* du ciel et permet, elle aussi, d'établir un alignement prolongé sur les deux versants opposés.

[2] Prolégomènes d'astronomie primitive comparée et Note sur les étoiles fondamentales des Chinois. *Arch. 1907*, Juin et Juillet.

sidéral; on ne le devine que par déduction, opération d'esprit correspondant à un stade plus avancé de l'évolution.

Les primitifs observent ce qui tombe directement sous les sens et présente une utilité immédiate. Ils constatent que le firmament accomplit chaque année une révolution de gauche à droite, indépendamment de celle (de même sens) qu'il accomplit chaque jour. Et, après avoir été déçus par l'inexactitude de l'année lunaire, ils désirent trouver dans cette révolution sidérale annuelle un repère fixant approximativement le retour des saisons.

Ils sont ainsi conduits à observer quelles sont les étoiles les plus proches du couchant. Car ces étoiles, voisines des feux du crépuscule, vont disparaître les jours suivants dans les rayons du soleil et ne seront plus visibles à l'occident pendant bien des mois.

Elles reparaîtront environ cinq semaines plus tard, mais à l'orient, où elles se lèvent avec l'aurore qui les efface un instant après; leur apparition se fera, les jours suivants, de plus en plus tôt et de plus en plus longue.

Cette disparition des étoiles le soir à l'occident (coucher héliaque) et leur réapparition le matin à l'orient (lever héliaque) se reproduisent chaque année à la même époque et sont faciles à observer. Les conditions variables de l'atmosphère ne permettent pas d'en obtenir un résultat très précis; elles suffisent, néanmoins, à repérer à quelques jours près, la date d'une fête religieuse ou à rectifier l'erreur, accumulée pendant plusieurs années, de l'année lunaire.

D'autre part l'observation des couchers (ou des levers) héliaques amène les primitifs à noter quelles sont les constellations qui disparaissent successivement dans les rayons du soleil, à leur donner des noms et à en dresser la liste qui est précisément celle du futur zodiaque. En outre, elle leur montre que ces constellations se lèvent et se couchent : les unes à l'ESE et à l'WSW ; d'autres à l'E et à l'W, les autres à l'ENE et à l'WNW ; constatation qui fait progressivement remarquer l'obliquité de la ceinture zodiacale[1].

[1] Cette genèse automatique de la conception du zodiaque est peut-être inédite. Je ne l'ai rencontrée chez aucun historien de l'astronomie.

L'observation des couchers héliaques suscite ainsi les progrès qui ont engagé les Chaldéens et les Grecs dans la voie de l'astronomie écliptique, laquelle s'est perpétuée, en Occident, jusqu'au XVII[e] siècle, où le perfectionnement des pendules fit adopter la méthode équatoriale.

En résumé, les primitifs, en certaines contrées, ont utilisé le repère naturel formé par l'horizon pour observer le lever ou le coucher héliaque des étoiles. Ils obtenaient ainsi la fixation d'une date annuelle et résolvaient, sans en avoir conscience, le problème sidéro-solaire, c'est-à-dire le problème du lieu sidéral du soleil aux diverses époques de l'année physique[1].

Jusqu'ici on pouvait croire que cette observation des levers et couchers d'étoiles était le seul procédé dont les primitifs disposaient pour lire directement une date annuelle dans le ciel, sans l'aide d'aucun repère artificiel tel que gnomon, plan méridien ou division géométrique du firmament. Mais la littérature védique révèle un autre procédé qui, lui non plus, n'exige aucun repère artificiel, car, il consiste simplement à observer le lieu sidéral de la lune.

Le lieu sidéral de la lune. — Quand la lune est pleine, elle se trouve diamétralement opposée au soleil. Comme le soleil revient chaque année, au même mois, dans la même constellation (qui est alors invisible), il s'en suit que le plein de la lune se produit chaque année, au même mois, dans la constellation

[1] Je dis *physique* et non pas *tropique* ou *solaire*, car les primitifs ne remarquent pas, tout d'abord, les phases tropiques (équinoxes et solstices). Ils ne conçoivent même pas que le soleil soit la cause de l'année et de la journée. Le premier chapitre de la Genèse montre qu'à une époque déjà historique les Syro-Chaldéens considéraient le jour et la nuit comme des entités indépendantes du soleil. Les ténèbres et le vent sont préexistants, puis l'ordre de création comporte : d'abord la lumière, le jour et la nuit; puis la terre et le ciel; puis les végétaux; enfin le soleil, la lune et « aussi » les étoiles.

L'année se manifeste aux primitifs d'abord par la révolution physique et physiologique : les saisons météorologiques et leurs effets sur les végétaux et les animaux. Puis ensuite par la révolution sidérale annuelle que l'on peut suivre des yeux dans le ciel et qui est bien plus concrète que l'année solaire. L'observation des étoiles zodiacales sert donc, à l'origine, à établir un lien entre l'année physique, agricole, et l'année sidérale. C'est ainsi que le lever héliaque de Sirius annonçait aux anciens Egyptiens l'imminence de l'inondation du Nil.

opposée. Si les rites, comme c'est le cas dans certains textes védiques, prescrivent d'accomplir tel sacrifice lorsque la pleine lune a lieu dans telle constellation, la date annuelle de cette cérémonie se trouve ainsi approximativement fixée.

L'observation du plein de la lune a donc une utilité calendérique; il constitue un procédé qu'on peut appeler primitif puisqu'il n'exige l'emploi d'aucun repère artificiel. Son invention suppose, semble-t-il, un effort de réflexion plus grand que celle des couchers héliaques. L'attention est attirée sur ces derniers d'une manière automatique et progressive par le fait qu'une belle constellation, remarquée le soir à l'occident, ne s'y trouve plus un mois après; et qu'ainsi, avant de songer à une observation précise à quelques jours près, le primitif sait déjà, depuis des siècles, que cette constellation disparaît en telle saison. Pour le lieu sidéral de la pleine lune, il n'en est pas de même: on n'est pas conduit, automatiquement, à l'observer. Mais cette observation n'est nullement hors de la portée des primitifs, non seulement aux anciennes époques historiques, mais même dans les temps préhistoriques. Depuis que l'astronomie est devenue une science mathématique, sans utilité directe pour l'individu, absente de l'enseignement scolaire et réservée à des spécialistes, on s'est fait une idée fausse de ses origines. Observer la marche des astres mobiles parmi les étoiles était autrefois une opération concrète, très simple, et à laquelle incitaient des motifs religieux et utilitaires. Les primitifs qui, à l'époque du renne, ont buriné au silex tant d'admirables dessins d'animaux ont fait preuve d'une faculté d'observation bien supérieure à celle qu'exige la constatation de la marche rétrograde de la lune parmi les étoiles. Mon intention n'est pas, d'ailleurs, de soutenir l'origine préhistorique du zodiaque lunaire mais de faire remarquer, simplement, que les procédés d'astronomie primitifs peuvent remonter dans le passé beaucoup plus loin qu'on ne le croit généralement[1].

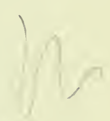
Les levers acronyques. — Une objection pourrait maintenant

[1] L'astronomie naît dans les sociétés sédentaires, agricoles et hiérarchisées, mais elle ne suppose pas la connaissance des métaux. Les Aztèques et surtout les Chinois ont eu des notions très développées quand ils en étaient encore à l'âge de la pierre polie.

se présenter à l'esprit du lecteur. Lorsque la lune est pleine, elle se lève acronyquement, c'est-à-dire à l'opposé du coucher du soleil et l'observation de la constellation dans laquelle elle se trouve fixe une date annuelle. Mais à quoi bon faire intervenir la lune et pourquoi n'observerait-on pas simplement quelle constellation se lève acronyquement puisque le lever acronyque des étoiles suffit, à lui seul, à fixer une date annuelle?

S'il en est ainsi en théorie, il n'en va pas de même en pratique. Une étoile qui se lève acronyquement était déjà visible précédemment ; après s'être levée héliaquement, à 5 heures du matin par exemple, plusieurs mois auparavant, son lever a retardé chaque mois de deux heures : elle s'est levée à 3 h., puis à 1 h., puis à 11 h. du soir, à 9 h. et enfin au coucher du soleil ; et les mois suivants elle continuera d'être visible, dès le crépuscule, de plus en plus haute sur l'horizon. Les levers acronyques ne sont donc pas comparables aux levers héliaques qui consistent en la soudaine réapparition, au levant, d'une étoile totalement invisible le mois précédent et située auparavant à l'occident; ni aux couchers héliaques qui consistent en la disparition d'une étoile totalement invisible le mois suivant. Le lever acronyque frappe moins le primitif parce que l'étoile étant visible avant et après, il n'a de valeur que si l'on observe, par un effort d'attention, l'opposition diamétrale de l'étoile et du soleil. Cette observation reste d'ailleurs imprécise pour plusieurs raisons. 1° Sauf en certaines contrées, plates et de climat très sec, les étoiles, vu leur faible éclat, ne percent pas les brumes de l'horizon avant d'avoir atteint une hauteur considérable. Quand elles apparaissent il est donc difficile de dire quelle est celle qui se levait au moment du coucher du soleil. 2° La succession des levers acronyques se produisant naturellement avec la même lenteur que la révolution solaire, c'est-à-dire à raison d'un degré par jour, il sera difficile, dans les conditions si imprécises de l'observation, de dire, même à 10 jours près, à quelle date l'étoile s'est levée à l'instant du coucher du soleil.

Le plein de la lune. — L'observation du lieu sidéral lunaire supprime cette incertitude parce que la pleine lune marque par sa présence le lieu acronyque : il suffit de regarder quelles sont les grandes étoiles qui entourent la lune pour connaître



l'endroit du firmament opposé au soleil. Et pour cela il n'est pas nécessaire que l'observation soit faite au coucher du soleil ou au crépuscule. Elle est tout aussi valable si elle a lieu au cours de la nuit ou au coucher de la lune, puisque son exactitude dépend du moment du *plein*, lequel peut se produire à toute heure du jour ou de la nuit.

Pour que l'observation du lieu sidéral soit exacte, il faut donc connaître avec une certaine précision le moment où la lune atteint son plein. Si on tente de le faire d'après l'aspect du disque l'erreur pourra être considérable. Il me paraît difficile à l'œil nu de préciser, à moins d'un jour près, le plein de la lune. On aurait donc ainsi une incertitude de 13 degrés sur le lieu sidéral et par conséquent de 13 jours dans le repérage de la date annuelle [1].

Mais le plein de la lune n'est pas apprécié simplement d'après l'aspect du disque. Il est précisé (et c'est là un point essentiel de la méthode) par la simultanéité du lever de la lune avec le coucher du soleil (ou du coucher de la lune avec le lever du soleil). Car pour la lune il n'en va pas de même que pour les étoiles : sa clarté perce les brumes de l'horizon et ne se laisse pas effacer par le soleil couchant ou levant. Souvent, dans les pays méridionaux, on aperçoit simultanément les deux disques à l'horizon ; et, s'il n'en est pas toujours ainsi, il est du moins facile de juger, d'après les quelques minutes écoulées dans l'intervalle, si les deux astres se trouvaient en opposition. Comme le lever de la lune retarde chaque jour d'environ 50 minutes sur le coucher du soleil, cette grande rapidité de déplacement permet de fixer exactement (disons à un quart de jour près) le moment du plein, en comparant pendant deux ou trois jours les retards mutuels du lever et du coucher de la lune et du soleil.

L'observation de la lune à l'horizon indique donc le moment de son plein. Puis l'observation au cours de la nuit, quand les

[1] La lune parcourant le firmament en 27 jours 32, son déplacement moyen est de 13° 10′ par jour. Sa révolution synodique étant de 29 jours 5, son lever retarde en moyenne de 49 m. par jour sur le coucher du soleil. Sa latitude, qui est au maximum de 5°, n'a qu'une influence négligeable sur le lever acronyque.

étoiles sont bien visibles, indique le lieu sidéral de la lune. Comme la lune se déplace de 13 degrés par jour parmi les étoiles, il sera très facile d'interpoler à vue et de désigner le lieu sidéral correspondant à la pleine lune, ce qui indiquera d'une manière assez précise le retour de la date annuelle cherchée.

Le parti qu'on a pu tirer de cette méthode a dû dépendre de la conception plus ou moins nette qu'on en a eue, aux époques plus ou moins primitives où elle s'est développée. Remarquons toutefois qu'elle ne réclame l'emploi d'aucun repère artificiel et qu'elle permet de lire directement dans le ciel une date annuelle avec une exactitude supérieure à celle des levers ou couchers héliaques.

Uranographie acronyque. — L'observation du lieu sidéral de la pleine lune n'est pas lié au coucher du soleil ; mais, comme les étoiles qui entourent la pleine lune sont celles qui se lèvent acronyquement, et comme le moment du crépuscule est celui où les hommes, après les travaux de la journée, ont le loisir de regarder le firmament, il est naturel que les peuples dont le repère calendérique était basé sur le lieu sidéral de la pleine lune, aient pris l'habitude de considérer chaque soir, au levant. la succession des levers d'étoiles et que leur uranographie porte l'empreinte de cette coutume.

Tel est le cas précisément de la Chine où les constellations sont en rapport mois par mois avec les événements de l'année, en concordance avec les levers acronyques du ciel de l'antiquité. Et ce fait, joint à l'existence des 28 stations caractéristiques du zodiaque lunaire asiatique, montre que ce dernier fut, dans la période primitive, l'institution fondamentale qui présida à la naissance de l'astronomie, de l'uranographie et du calendrier des anciens Chinois.

La ceinture zodiacale lunaire. — La découverte et l'emploi du procédé calendérique basé sur l'observation du lieu sidéral de la pleine lune a dû conduire vraisemblablement à désigner sur le pourtour de la route de la lune (c'est-à-dire le long de l'écliptique) un certain nombre de constellations servant à préciser cette observation.

Il faut remarquer. toutefois, que cette conséquence logique ne provient pas du besoin calendérique : car la lunaison satisfait

parfaitement les primitifs en ce qui concerne la division de l'année. Ce qu'ils cherchent dans le ciel, c'est un jalon annuel permettant de rectifier l'inexactitude de l'année lunaire. Pour cela il leur suffit de posséder un seul repère, fonctionnant de préférence au printemps et lié au début de l'année. Tel était le cas, comme nous le verrons, de la Chine primitive, où la terminologie et le folklore uranographiques concourent à nous montrer que le Nouvel-An (au début du printemps) était associé à la belle étoile *Epi de la Vierge*, de 1re grandeur, voisine de l'écliptique. Cette étoile, *princeps signorum* des Chinois et qu'ils nomment *Kio*, est une des 28 stations du zodiaque lunaire asiatique. Or elle est précisément opposée au lieu du soleil dans la haute antiquité chinoise. C'est dire qu'elle se levait acronyquement au Nouvel-An ; et puisque les *sieou* chinois sont une forme du zodiaque lunaire asiatique, nous comprenons facilement de quelle manière elle repérait la date annuelle ; la pleine lune qui se produisait à *droite* de *Kio* était la dernière de l'année ; la pleine lune qui se produisait à *gauche* de *Kio* était la première de la nouvelle année.

Mais les observations astronomiques, dans l'antiquité, n'étaient pas limitées à leur utilité calendérique. Elles étaient associées à des croyances, des mythes et des coutumes. Le fait qu'un seul repère annuel était pratiquement employé n'empêche donc pas que les levers acronyques et le lieu sidéral de la pleine lune fussent observés, pendant tout le reste de l'année, comme faisant partie du système général selon lequel on envisageait le rapport de la révolution du firmament avec la révolution des saisons.

On peut donc inférer avec vraisemblance que la coutume d'observer le lieu sidéral de la pleine lune entraîne logiquement (comme l'observation des couchers héliaques) l'institution d'une ceinture de constellations zodiacales, au nombre de douze, puisqu'il y a normalement douze pleines lunes dans l'année. Cette division du ciel en douze parties existe effectivement dans l'Inde et en Chine.

Le zodiaque luni-solaire. — L'utilisation calendérique de l'observation du lieu de la pleine lune ne réclame nullement qu'on en déduise, au préalable, le lieu du soleil. Quand bien même on connaîtrait ce lieu du soleil (diamétralement opposé à

celui de la pleine lune), on n'en sera pas plus avancé quant à l'utilisation pratique de l'observation. C'est pourquoi le procédé basé sur le lieu sidéral de la pleine lune doit être considéré, au même titre que les levers ou couchers héliaques, comme un procédé primitif : il est empirique et fournit le résultat désiré sans l'intervention d'aucune théorie abstraite. Quand la réapparition d'Isis (Sirius) annonçait l'imminence de la crue du Nil, les anciens Égyptiens n'avaient pas à supputer, au préalable, quelle était la position du soleil indiquée par ce lever héliaque. Ils reliaient directement le fait céleste au fait terrestre, de même que les anciens Hindous reliaient directement le plein de la lune dans tel *nakshatra* avec le sacrifice à accomplir à cette époque de l'année.

Mais, à la longue, le besoin de connaître s'éveille. Dans une société agricole et hiérarchisée où des fonctionnaires sacerdotaux sont préposés à l'observation mi-religieuse et mi-utilitaire des phénomènes célestes, les idées progressent, fût-ce d'une manière insensible. Quand, pendant des siècles, on a observé le lieu sidéral de la pleine lune, la notion s'établit, de plus en plus clairement, que le lieu sidéral du soleil se trouve à l'opposé et que l'astre du jour séjourne en automne dans les lieux où l'astre de la nuit fait son plein au printemps. On conçoit alors, de plus en plus nettement, que les astérismes choisis pour repérer les mois du printemps doivent être situés juste à l'opposé de ceux qui indiquent les mois de l'automne.

Leur symétrie peut être vérifiée, *grosso modo*, au cours des belles nuits claires, lorsqu'on aperçoit simultanément des étoiles zodiacales à l'est et à l'ouest. On peut imaginer encore d'autres procédés, plus ou moins rudimentaires ou plus ou moins savants, pour constater l'opposition des astérismes. Nous avons vu que les Chinois, aux environs du 24e siècle avant notre ère, ont employé, pour la réforme de leur zodiaque, le passage au méridien des circompolaires. Ils sont arrivés ainsi à créer des couples d'étoiles opposées, divisant le ciel en régions symétriques mais non pas équivalentes. Certains de ces *sieou* ont 5 degrés d'amplitude, d'autres en ont 30.

Quel que soit le procédé employé, l'opération, pour être exacte, devra recourir au choix de très petites étoiles. Car les

astres de 1re, 2me et même 3me grandeur sont trop rares pour que, à moins d'un hasard extraordinaire, on en trouve deux s'opposant l'une à l'autre. Aussi dans le diagramme des *sieou* chinois peut-on constater que les couples les plus exacts sont composés de petites étoiles évidemment choisies dans un but de symétrie. Tandis que les couples les plus inexacts sont ceux dont font partie les étoiles auxquelles s'attachent les mythes et traditions de la période primitive *(Kio*, *Sin* et *Tsan)*.

A partir du moment où le zodiaque (probablement duodénaire) de la période primitive a été transformé en une série de secteurs, inégaux mais exactement opposés par couples, on ne saurait plus, logiquement, lui appliquer l'épithète de *lunaire*. Il était lunaire lorsqu'il servait à localiser le plein de la lune ; mais il est devenu luni-solaire depuis que ses divisions, diamétralement opposées, indiquent simultanément le lieu du soleil et celui de la pleine lune.

Le zodiaque hindou. — Il ne me sera pas difficile de montrer comment ces inductions théoriques sont vérifiées en Chine par les faits qui permettent de suivre la transformation du zodiaque préexistant en un zodiaque luni-solaire admirablement symétrique. Mais comme cet exposé fera l'objet d'une étude à part, nous passerons de suite au zodiaque hindou.

Les indianistes ont constaté dans les textes la corrélation de ce zodiaque avec le mouvement de la lune, notamment son utilisation pour localiser le plein de la lune et fixer ainsi la date d'un sacrifice rituel. Mais comme cet emploi calendérique du zodiaque n'apparaît que dans les textes de beaucoup les moins anciens de la littérature védique, ils doutent qu'on l'ait connu dans la période des Védas proprement dite et, par conséquent, ils ne sont pas enclins à croire que cet emploi soit de nature à expliquer la destination originelle du zodiaque.

Ils ont constaté dans les textes l'existence d'une division duodénaire du contour du ciel, formée par douze groupes de *nakshatra,* chaque groupe contenant 2 ou 3 des 28 *nakshatra.* Ainsi que Whitney l'a exposé dans ses *Asiatic studies,* ces groupes ont dû être constitués pour localiser le plein des douze lunaisons annuelles ; comme ils ne sont pas non plus mentionnés dans les textes archaïques, ce silence confirme les indianistes

dans leur opinion au sujet du caractère postérieur de l'emploi du zodiaque pour localiser le plein de la lune.

Par ailleurs ils considèrent comme inexplicable le choix de très petites étoiles, souvent de 4me et de 5me grandeur, à peine visibles à l'œil nu, pour servir de démarcation aux 28 divisions stellaires. Comme le remarque Whitney, ce choix est d'autant plus incompréhensible que la clarté de la lune efface les étoiles environnantes sauf celles de grand éclat et qu'un zodiaque lunaire devrait, par conséquent, constituer ses divisions au moyen d'astres plus visibles.

Cette particularité les étonne d'autant plus que les *nakshatra*, comme les *sieou*, sont extrêmement inégaux entre eux : les uns ont 4 degrés, d'autres en ont jusqu'à 20 et 29. Si l'amplitude des divisions leur était ainsi indifférente, pourquoi les créateurs du système ne choisissaient-ils pas les plus belles étoiles de la région zodiacale ?

Cette prédilection pour les petites étoiles est encore plus étonnante lorsqu'on voit qu'elle n'est pas spéciale à l'Inde et que les Chinois s'y sont conformés. Si ce choix singulier ne repose sur aucune raison pratique, comment expliquer qu'un système aussi incommode ait eu dans l'antiquité assez de vogue pour se répandre d'un bout à l'autre de l'Asie chez les peuples les plus divers ?

Ayant eu l'occasion de constater à quelles méprises sinologues et indianistes s'exposent lorsqu'ils s'aventurent dans le domaine historique et philologique qui leur est réciproquement étranger, je m'abstiendrai d'intervenir ici dans les affaires de l'Inde[1]. Je me borne donc à présenter aux indianistes les remarques, d'ordre général, qui précèdent, en attirant leur attention sur la figure 2. Ce diagramme, inédit, leur montrera que le système des *nakshatra* n'appartient pas à l'astronomie primitive, qui utilise seulement des repères *naturels ;* il fait intervenir des repères *artificiels,* consistant dans une division géométrique du contour du ciel au moyen d'une segmentation symétrique, comme c'est le cas des *sieou* chinois (fig. 1, Archives 1917, juil-

[1] Les origines de l'astronomie chinoise, *Revue sinologique Toung pao*, Brill. éditeur, Leyde (1909-1914). — Nakshatra und sieou, par H. Oldenberg, *Wissensch. Gesellsch.*, Bonn, 1909.

let. p. 17), mais avec une exactitude beaucoup moindre dans le système hindou.

Les diverses périodes de l'évolution du zodiaque lunaire. — Le nombre des divisions stellaires du zodiaque asiatique étant

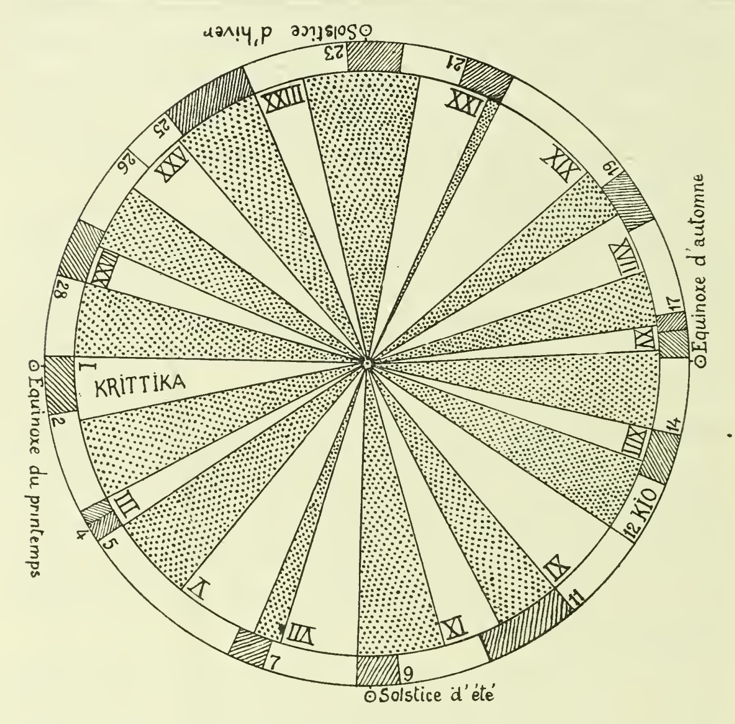


Fig. 2. — Projection des *nakshatra* (chiffres romains) et des *sieou* (chiffres arabes) sur l'équateur du 24me siècle av.-J.-C.

Quoique la série chinoise commence par *Kio*, on a conservé ici l'ordre de numérotation des tableaux numériques de Biot afin de faciliter la comparaison.

de 28 (ou 27), a été supposé en rapport avec le nombre de jours de la révolution sidérale de la lune[1]. Il est possible, en effet, qu'on ait essayé tout d'abord de créer des divisions équivalentes en les mesurant au moyen de la marche journalière de la lune.

[1] La lune rejoint le soleil en 29 jours 5 environ (révolution synodique); c'est la lunaison proprement dite. Mais elle revient en un même point du firmament en 27 jours 32. Son déplacement diurne moyen est de 13° 10′.

Mais cette segmentation du ciel, qui pourrait bien avoir été exécutée plutôt dans un but astrologique, ne correspond en tous cas pas à la phase primitive, caractérisée, comme nous l'avons dit, par l'absence de repères artificiels et par l'emploi de procédés rudimentaires permettant de lire directement la date annuelle dans le ciel.

L'observation du lieu sidéral de la lune n'exige nullement des divisions égales. Elle peut s'attacher à une seule constellation, pour fixer, par exemple, le début de l'année ; ou à diverses autres constellations pour repérer des cérémonies religieuses ou des travaux agricoles.

Plus tard, on est conduit logiquement à compléter le système en distinguant dans le ciel 12 régions correspondant aux douze lunaisons de l'année ; mais non pas à adopter 28 divisions, car le plein de la lune n'aurait pas lieu annuellement dans chacune d'elles.

Dans une phase plus avancée, le désir de diviser le ciel en parties égales a pu suggérer d'employer la lune elle-même à leur délimitation en observant la distance qu'elle parcourt chaque jour. On serait arrivé ainsi, à la suite de nombreux tâtonnements, à former 28 segments approximativement égaux ; peut-être a-t-on cherché, en observant fréquemment le lieu de la lune à 14 jours de distance, à leur donner une certaine symétrie diamétrale. Mais ces 28 divisions ne sont pas celles, très inégales, du zodiaque asiatique historique.

Dans une phase postérieure, et alors que le nombre 28 était déjà consacré par une longue tradition, la découverte d'un nouveau procédé (les alignements polaires, en Chine) aurait amené un remaniement de ces 28 divisions, dans le but d'obtenir des couples plus précis [1].

Cette gradation hypothétique des époques successives, basée

[1] Le fait suivant semble montrer que les *sieou* chinois dérivent d'un système antérieur déjà assez exactement symétrique. Sur les 28 étoiles chinoises, 7 sont identiques aux étoiles hindoues et peuvent être considérées comme provenant d'un système antérieur. Ces 7 étoiles font partie de 6 couples. Parmi ces 6 couples il en est un formé de deux de ces étoiles anciennes. En d'autres termes, parmi les 14 couples des *sieou* chinois, il en est un (le 14-28) formé de deux étoiles hindoues. Or ces deux étoiles sont diamétralement opposées : leur dissymétrie est inférieure à 3 degrés

sur des inductions, devra naturellement être modifiée si les faits en démontrent l'inexactitude. En attendant, elle me paraît conforme, en ce qui concerne la Chine, aux données historiques et astronomiques du problème.

La question du zodiaque lunaire asiatique ne pourra être résolue que par l'association intime de la critique philologique, historique et astronomique. En s'en tenant à un point de vue unilatéral, on s'exposerait à des erreurs. Mais pour que la critique astronomique puisse s'exercer utilement, encore faut-il qu'elle dispose de principes directeurs permettant de classer les phases successives du développement primitif de cette science, de même qu'on a classé en périodes successives les phases du développement de l'industrie préhistorique du silex. Faute d'avoir élaboré de tels principes, on a dû se borner à enregistrer simplement les données extraites des textes et à créer, par la succession chronologique de ces données, des stades astronomiques qui ne correspondent nullement à l'évolution des procédés tels qu'on peut les imaginer d'après la comparaison des institutions primitives et d'après les mobiles dont elles sont nées. C'est ainsi que, depuis un siècle, on a discuté sur les *nakshatra* avec l'idée préconçue qu'ils étaient des divisions très primitives et irrégulières, alors que la raison d'être de leur diffusion à travers l'Asie provient vraisemblablement de la symétrie déjà savante qui se révèle quand on en trace le diagramme circulaire.

Conclusion. — Dans les *Prolégomènes d'astronomie primitive comparée* publiés ici il y a douze ans, j'avais, par ignorance, omis d'indiquer le procédé calendérique primitif basé sur l'observation du plein de la lune. Ayant eu, depuis lors, l'occasion de constater que ce procédé, indiqué par les textes hindous, explique l'origine, la diffusion et l'évolution du zodiaque lunaire asiatique, j'ai essayé, par ces lignes, de combler cette lacune.

Après avoir esquissé la théorie du zodiaque lunaire, il me reste à en montrer l'application en Chine où, après une période

selon l'écliptique et selon l'équateur antique. Ces deux étoiles, qui partagent le firmament en deux parties égales, sont également opposées (14-28) dans la numérotation hindoue (c'est ce fait qui m'a engagé à tracer le diagramme des *nakshatra*). Le système chinois antérieur aux *sieou* semble ainsi avoir eu déjà une symétrie analogue à celle des *nakshatra*.

primitive, le désir de trouver des étoiles fondamentales exactement opposées a conduit les astronomes de l'antiquité à faire usage du plan méridien, ce qui a provoqué l'adoption de la méthode équatoriale, perpétuée au cours des quarante siècles de l'histoire chinoise.

APPENDICE.

Sur la symétrie des Nakshatra.

La constatation de la symétrie des *nakshatra* est un fait nouveau de nature à modifier les idées admises au sujet de l'origine et de l'évolution du zodiaque lunaire hindou. Les indianistes seuls sont qualifiés pour combiner l'interprétation de ce fait astronomique avec les données historiques. Mais comme les *nakshatra* ne sont qu'une des formes du zodiaque lunaire asiatique, on ne peut pas apprécier, à sa juste valeur, le fait de leur symétrie si l'on ne tient pas compte de son analogie avec la symétrie des *sieou* ainsi que des inductions suggérées par l'analyse astronomique de cette double symétrie chinoise et hindoue. C'est pourquoi, sans intervenir dans le domaine de l'indianisme, je voudrais présenter ici quelques remarques, d'ordre astronomique, au sujet de cette symétrie comparée.

Projections équatoriale et écliptique. — On peut se demander, tout d'abord, s'il convient d'examiner la symétrie des *nakshatra* suivant le plan écliptique, perpétuellement invariable, ou d'après le plan équatorial qui se déplace dans le firmament par suite de la révolution du pôle.

La réponse ne paraît pas douteuse: car, autant que j'en puis juger, les Hindous, à toutes les époques, ont conçu et utilisé les *nakshatra* comme des jalons zodiacaux disposés le long de la route moyenne de la lune, c'est-à-dire le long de l'écliptique.

On les projettera donc sur l'écliptique. Mais il est utile pour deux raisons, de les projeter aussi sur l'équateur. D'abord parce que le choix d'étoiles symétriques n'a pu être réalisé que par certains procédés dont les uns sont écliptiques et les autres équatoriaux. Ensuite parce que les Chinois ont établi la symétrie de leurs *sieou* d'après un procédé équatorial et qu'il est utile de comparer les deux systèmes en les plaçant dans les mêmes conditions.

C'est précisément le désir de faire cette comparaison qui m'a amené à découvrir la symétrie des *nakshatra*; il ne sera pas inutile d'exposer ici les raisons qui m'y conduisaient et les constatations qui en sont résultées, car elles sont en rapport avec la question des origines.

Réforme du zodiaque archaïque par les Chinois. — Il est incontestable que les *sieou*, les *nakshatra* et les *mânâzil* ont une commune origine; d'autre part, il est démontré que la remarquable symétrie des *sieou* a été établie dès la haute antiquité, aux environs du 24e siècle, c'est-à-dire à une époque où il ne saurait être question d'une importation directe de l'Inde en Chine. Le système chinois consiste donc en un perfectionnement du zodiaque asiatique primitif.

En étudiant les origines de la symétrie des *sieou* j'avais à rechercher quelles étaient les étoiles nouvelles choisies par les Chinois et quelles étaient les étoiles qu'ils avaient conservées du système primitif; et, pour cela, à me demander quelle était la composition de ce système. La réponse ne peut être fournie que par les autres formes survivantes, arabe et hindoue. Diverses raisons font douter que les *mânâzil* soient une image fidèle du zodiaque originel. Restaient les *nakshatra*, et leur comparaison avec les *sieou* était d'autant plus aisée que Biot (pour soutenir sa thèse de l'origine chinoise des *nakshatra*) a calculé approximativement la différence d'ascension droite entre les étoiles chinoises et hindoues au 24e siècle, ce qui me permettait de confronter immédiatement les deux systèmes.

Le résultat me montra que les *yogatârâ* n'étaient nullement choisis irrégulièrement et arbitrairement, ainsi qu'on le croyait jusqu'ici; mais bien, comme les *sieou* (quoique avec une précision beaucoup moindre), en vue de la symétrie diamétrale rendue manifeste par la fig. 2.

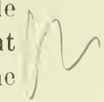
Cette constatation soulève un nouveau problème. La symétrie des *nakshatra* a-t-elle été réalisée après l'importation du zodiaque primitif dans l'Inde ou existait-t-elle déjà lorsque ce zodiaque pénétra chez les Hindous?

J'attire l'attention des indianistes sur le fait que les arguments d'ordre astronomique militent en faveur de la deuxième solution.

D'abord, au point de vue général, comme je l'ai avancé dans la théorie du zodiaque lunaire, la raison d'être du zodiaque originel et de sa diffusion d'un bout à l'autre de l'Asie, doit déjà être cherchée dans la symétrie diamétrale de ses astérismes.

En second lieu, le nombre des étoiles communes aux *sieou* et aux *nakshatra* exclut l'hypothèse que leur symétrie serait indépendante.

Enfin, une analyse plus approfondie montre que le système hindou doit être semblable (à très peu de chose près) au système archaïque que les Chinois remanièrent au 24e siècle dans le but de perfectionner sa symétrie. Dans ce sens, on peut dire que le système des *sieou* est issu de celui des *nakshatra* pour autant que celui-ci représente une forme bien conservée du système primordial.



1° Sur 28 étoiles, il y en a 7 qui sont communes aux systèmes hindou et chinois.

2° Il y en a ensuite 3 qui avaient exactement la même ascension droite au 24e siècle (voir plus loin).

3° Il y en a en outre trois *(Kio, Sin* et *Tsan)* qui ont été imposées aux Chinois par des traditions uranographiques; sur ces trois étoiles, deux sont nouvelles: celles qui représentent les deux frères ennemis, *Sin* et *Tsan*[1].

Cela fait déjà 12 étoiles sur 28. On accordera qu'il était difficile de déplacer moins de 16 étoiles sur 28 pour obtenir, par un remaniement général, l'admirable symétrie du systême chinois[2].

Symétrie du système hindou. — Quoique bien moins régulière, la symétrie intentionnelle du système hindou est indéniable. Elle s'exprime dans la formule suivante : tous les couples de *nakshatra*, sauf un, contiennent des lieux diamétralement opposés.

Le seul couple qui. dans la projection équatoriale, fasse exception à la règle, la confirme: non-seulement parce qu'il est formé des plus petits *nakshatra,* mais surtout parce qu'il est basé sur une étoile elle-même exceptionnelle *(Vega),* choisie

[1] J'ai fait remarquer ici leur caractère hétérogène (*Arch. 1907*, Juillet p. 28) avant même de connaître le rôle de ces deux astérismes dans le folklore chinois.

[2] Comparez sur la fig. 2 la symétrie des deux systèmes.

bien en dehors de la région zodiacale et bien plus près du pôle que de l'écliptique. Le rôle de cette étoile *(Abhijit)* doit être examiné à part.

Le nakshatra exceptionnel Abhijit. — D'après le résumé historique de Ginzel, lorsque le système hindou apparaît explicitement dans la littérature védique il ne comporte, dans la plupart des *Brahmana,* que 27 *nakshatra.* Dans l'*Atharv.* et le *Thait Brahmana* il en possède 28 ; et ce *nakshatra* supplémentaire est *Abhijit*[1].

Dans la période postvédique les livres classiques mentionnent encore, les uns 27 *nakshatra,* les autres 28 ; et le *nakshatra* « surajouté » est toujours *Abhijit,* qui prend « habituellement » sa place entre *Uttaraashadha* et *Sravana*[2].

Cette adjonction d'une division, nous dit M. Ginzel, « est résultée manifestement de la nécessité de caser (parmi les *nakshatra*) l'excédent de la révolution sidérale lunaire laquelle est un peu supérieure à 27 jours ; c'est pour cette raison que l'on a attribué à *Abhijit* la plus faible étendue. Dans l'élaboration du système, on s'est vu obligé de donner aux *nakshatra* des amplitudes inégales : car, d'une part, chaque mansion doit marquer la place de la lune pendant un nychtémère et d'autre part les étoiles claires disponibles pour délimiter les mansions ne se trouvent pas en nombre suffisant ».

Ces explications montrent combien peu l'on a soupçonné jusqu'ici la symétrie des *nakshatra.* Comment pourrait-on croire, après avoir jeté un coup d'œil sur le diagramme circulaire des *nakshatra* et des *sieou,* que le *nakshatra* XX a été « ajouté » au système à une époque postérieure ? Quant à l'inégalité des *nakshatra* ou des *sieou,* l'expliquer par le manque d'étoiles disponibles (alors que les Hindous ont utilisé les étoiles de 4me, les Chinois de 5me grandeur) c'est aller à l'encontre de l'évidence. Whitney, il y a un demi-siècle, s'étonnait au

[1] « Dort ist als 28 *Abhijit* hinzugekommenen ». GINZEL, Handbuch der M. u. H. Chronologie, 1906, p. 317, 321, 327.

[2] Si l'adverbe *gewöhnlich* signifie ici que la place d'*Abhijit* est parfois différente, ce serait fort intéressant, comme on le verra plus loin ; car le rang d'*Abhijit,* invariable sur l'écliptique, varie au cours des siècles sur l'équateur à cause de la forte déclinaison de Vega (Voy. ci-dessous, p. 126).

contraire, à bon droit, de la grande inégalité des divisions et de l'emploi de petites étoiles, alors qu'il eût été si facile, dans la plupart des cas, de choisir des astérismes équidistants et bien plus visibles. Mystère aisément éclairci lorsque la constatation de la symétrie des *sieou* fait comprendre qu'il s'agissait (chose bien plus compliquée) de trouver des étoiles diamétralement opposées.

Symétrie équatoriale des yogatârâ au 24e siècle. — Outre l'étoile *Vega* qui est fort éloignée de la région zodiacale, le zodiaque hindou en comporte une autre, *Arcturus,* qui, sans

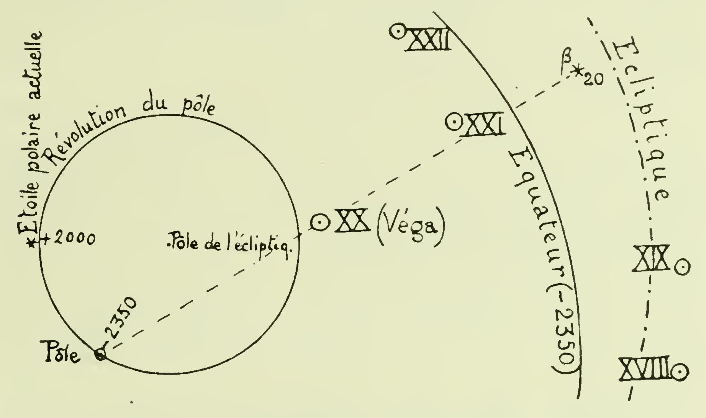


Fig. 3. — Projection équatoriale planisphérique montrant la position de Vega au 24e siècle avant J.-C.

Les chinois ont remplacé *Vega* par β capricorne qui avait alors exactement la même ascension droite.

avoir une aussi forte latitude, est tout de même bien en dehors de la zone parcourue par les astres mobiles.

Quel intérêt les créateurs du système pouvaient-ils avoir à choisir des étoiles si éloignées? Je ne le conçois pas, si, comme le pensent Whitney et Ginzel, le zodiaque lunaire est une institution très primitive servant à jalonner grossièrement la route de la lune. Je souhaiterais qu'on m'expliquât de quelle manière ces primitifs se servaient de *Vega* (XX) pour jalonner la lune entre les étoiles XIX et XXI (fig. 3); et d'*Arcturus* (XIII) pour la jalonner entre XII et XIV? Il fallait qu'ils abaissassent, par la pensée, une perpendiculaire depuis *Vega* sur l'écliptique, cercle fictif et oblique, nullement indiqué par la ligne des

étoiles XIX, XXI, XXII. La chose devient au contraire compréhensible si ces étoiles, comme le montre leur symétrie, indiquaient, par leur cercle de déclinaison, des lieux du ciel diamétralement opposés. Car alors il suffisait, lorsque la lune se trouvait dans la région méridionale, de suivre sa verticale (soit avec un fil à plomb, soit en se servant de l'angle d'un mur) pour juger de sa place parmi les mansions stellaires.

On conçoit alors que si ce zodiaque lunaire, œuvre déjà savante, a été importé chez un peuple encore arriéré sous le rapport des connaissances astronomiques, son utilisation astrologique ait été débarrassée des complications superflues et qu'on ait renoncé à la mansion XX, difficile à définir, ce qui a réduit à 27 le nombre des mansions.

Par suite de la grande proximité de Vega au pôle, cette mansion XX, immuable selon l'écliptique, varie très rapidement selon l'équateur. Antérieurement à l'an — 3000, elle tombait dans la mansion XXI. Postérieurement à l'an + 1000, elle est tombée dans la mansion XIX :

Ordre écliptique (perpétuel)	XIX, XX, XXI
Ordre équatorial en — 4000	XXI, XX, XXII
» — 1000	XIX, XX, XXI
» + 1500	XVIII, XX, XIX

Les Chinois, basant leur astronomie sur le pôle et le méridien, ont changé les étoiles fondamentales dans le but : 1° de préciser la symétrie diamétrale, 2° de les rapprocher de l'équateur, en modifiant toutefois le moins possible les mansions primitives. Ils se sont débarrassés des grandes étoiles *Vega Regulus, Arcturus,* pour leur substituer des étoiles mieux placées. Or, chose remarquable, ces étoiles substituées avaient, au 24e siècle, à peu près la même ascension droite que les anciennes, ce qui confirme : 1° la date du remaniement opéré par les Chinois ; 2° que les grandes étoiles *Vega, Regulus, Arcturus,* ne sont pas propres au système hindou, mais existaient dans le zodiaque asiatique primitif.

Telles sont les premières remarques que peut suggérer la constatation de la symétrie des *nakshatra*. Celles qui concernent le système chinois seront développées dans une autre étude.

RECHERCHES

SUR LES

SPECTRES DES RAYONS X

PAR

Alex MULLER

(Avec 1 fig. et 1 pl.).

---

1. Introduction. — Les recherches sur les spectres des rayons X ont, comme on sait, déjà donné des résultats intéressants au point de vue de la théorie atomique. Les relations numériques existant entre les longueurs d'ondes caractéristiques des différents éléments ont été interprétées par la théorie de Bohr-Sommerfeld. Par contre, le mécanisme de l'excitation des rayons X, le rapport qui existe entre le spectre continu et le rayonnement caractéristique, et la répartition d'énergie dans les spectres sont encore peu étudiés. Parmi le petit nombre des travaux traitant les recherches en question, j'en citerai deux: d'abord celui de Lilienfeld[1]). Cet auteur compare deux spectres, qu'il a obtenus en analysant le rayonnement provenant de deux anticathodes différentes (molybdène et platine), les conditions expérimentales étant exactement les mêmes dans les deux cas. Les deux plaques photographiques sur lesquelles les deux spectres sont enregistrés ont tout à fait le même aspect; le matériel de l'anticathode semble rester sans influence sur le spectre continu émis par le tube. — Le deuxième travail est celui d'Ulrey[2], qui a trouvé un résultat différent de celui de Lilienfeld. En mesurant la répartition d'énergie spectrale avec le spectromètre de Bragg, il constate au contraire une influence très prononcée de

[1] Lilienfeld, J.-E. *Physik. Zeitschr.*, *1918*, 19, 514.
[2] Ulrey, Clayton, T. *Phys. review.*, *1918*, 9, 401.

l'anticathode sur le rayonnement. La question serait de savoir en quoi consiste la différence entre les dispositifs employés par les deux physiciens. — L'évaluation exacte de l'énergie spectrale étant un problème assez complexe et demandant des moyens expérimentaux considérables, je me suis d'abord limité à l'étude de l'influence du potentiel sur le spectre, telle qu'on l'obtient en analysant le rayonnement d'un tube à rayon X par un spectromètre à cristal tournant, et en l'enregistrant sur la plaque photographique. Ce procédé permet en outre de vérifier la loi d'Einstein, et de faire différentes observations sur le rapport existant entre le spectre continu et le rayonnement caractéristique.

2. Description du dispositif. — Le dispositif étant essentiellement le même que dans un travail précédent[1], je me bornerai à ne donner ici que les indications strictement nécessaires. L'énergie électrique était fournie par une machine électrostatique à 8 plateaux. (Roycourt, Paris.) Le vide dans le tube a été maintenu par la pompe à mercure de Gæde. Pour assurer la constance du potentiel aux bornes du tube, j'ai employé le procédé suivant, d'ailleurs bien connu. En introduisant continuellement une petite quantité d'air dans le tube, et en réglant en même temps la vitesse de rotation de la pompe, le vide, et par conséquant la résistance électrique du tube sont maintenus à une valeur voulue, et les variations lentes du potentiel peuvent être ainsi compensées. Cette méthode de réglage a permis de tenir ces variations au-dessous de 1-2 $^{0}/_{0}$. Le potentiel était mesuré par un électromètre absolu de Bichat Blondlot. (Cet instrument est basé sur l'attraction électrostatique de deux cylindres coaxiaux de diamètre connu.) La valeur de la constante de cet instrument se déduit du calcul de ses dimensions. mais la régularité de son fonctionnement aux potentiels très élevés n'a pas fait l'objet d'un contrôle spécial. Les rayons X ont été analysés par un spectromètre à cristal tournant. La plaque photographique qui enregistrait le spectre ainsi obtenu, se trouvait dans un chassis muni d'une fenêtre recouverte de papier noir.

[1] Müller, Alex. *Arch. 1918*, vol. 46, 63.

3. Discussion des résultats et des causes d'erreur. — Les clichés 1 à 7 (voir planche I) ont été obtenus en employant une anticathode de platine, et en variant le potentiel entre 11 à 36 kilovolts. Le noircissement qui nous intéresse ici, se trouve du côté gauche de la planche. Il importe de remarquer que le cliché de la planche étant un positif, le noircissement du négatif correspond aux parties claires de notre planche.

L'aspect des photographies est en général celui-ci. Le spectre continu, s'étendant du côté des grandes longueurs d'ondes vers celui des rayons durs, subit à un certain endroit une chute d'intensité très brusque. Cette chute se produit à l'endroit où, selon la théorie des quanta, doit se trouver la longueur d'onde minimum. Sur le fond continu formé par le spectre indépendant apparaissent les raies caractéristiques de l'anticathode.

Cet aspect général des plaques est modifié selon le potentiel que l'on emploie. Sur les premiers de nos clichés, correspondant à des basses tensions, les raies caractéristiques ne contrastent presque pas avec le noircissement provenant du spectre continu. En utilisant des potentiels plus élevés, les raies se dessinent toujours plus nettement sur le fond, bien que le rapport de leurs intensités respectives varie. Toutefois à partir du moment où la limite du spectre continu a sensiblement dépassé la longueur d'onde la plus courte du spectre « L », ce rapport d'intensité ne semble plus varier.

C'est surtout en observant la raie de plus grande longueur d'onde du spectre « L » et la raie α de ce dernier que l'on constate le phénomène signalé ci-dessus. La raie α étant la plus faible des deux pour les basses tensions, devient de beaucoup la plus forte pour les tensions élevées. Une autre conclusion se déduit aisément de l'aspect des spectres sur nos plaques. Les raies du rayonnement « K » ne peuvent, comme on sait, pas être excitées séparément; elles apparaissent toutes à la fois dès que la tête de bande du spectre continu dépasse la raie de la longueur d'onde la plus courte du spectre « K ». Il n'en est plus de même pour le rayonnement « L ». Sur nos premières photographies la tête de bande se trouve entre les longueurs d'ondes extrêmes du spectre « L » du platine, mais les raies de grande longueur d'onde de ce spectre sont déjà visibles. Cette observa-

tion s'accorde avec le fait qu'il existe plus d'une bande d'absorption dans l'étendue du spectre « L ».

Les deux dernières plaques ont été obtenues avec une anticathode en cuivre et en plomb, les conditions expérimentales étant à peu près les mêmes pour ces deux poses. La comparaison des deux spectres continus ne laisse découvrir aucune différence appréciable entre les deux ; ce fait confirme d'ailleurs les résultats obtenus par Lilienfeld[1].

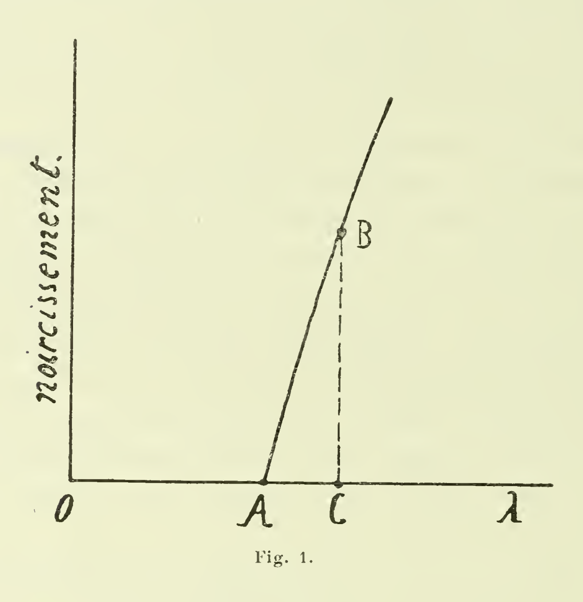


Fig. 1.

Les expériences qui font l'objet de cette note ont en outre permis de vérifier approximativement la loi des quanta appliquée aux rayons X. La méthode employée dans ce but étant tout-à-fait la même que celle utilisée dans un travail précédent[2] je me bornerai ici aux quelques remarques qui suivent. — Pour mesurer la longueur d'onde de la tête de bande, un trait a été tracé sur la plaque de façon à servir de point de repère sur le cliché. Ce trait a été fait à l'endroit où le noircissement commençait à devenir sensible, soit à la tête de bande du spectre continu. Dans mon dernier travail j'ai établi une distinction

[1] LILIENFELD. *L. c.*
[2] MÜLLER. *L. c.*

entre cet endroit et l'endroit où le noircissement paraît devenir constant. Cette région de noircissement constant ne semble en réalité exister que dans certains cas, qui dépendent d'ailleurs en partie des conditions expérimentales. Dans la présente note j'ai donc préféré choisir comme point de repère l'endroit où le noircissement commence à devenir sensible à l'œil.

Supposons que l'on ait tracé la courbe de la répartition du noircissement en fonction de la longueur d'onde. (Fig. 1.) La distance OA représente alors la longueur d'onde minimum. Soit BC le seuil du noircissement perceptible à l'œil. C et A sont alors à une certaine distance l'un de l'autre. Cette distance AC dépend de l'accroissement du noircissement en A, elle est d'autant plus petite que l'accroissement est plus grand. En principe, il n'existe aucune limite pour le rapprochement des deux points A et C ; et en augmentant le temps de pose leur distance mutuelle devrait diminuer. Dans nos expériences une influence du temps de pose n'a cependant pas été constatée, l'erreur qui vient d'être discutée étant probablement du même ordre de grandeur que les erreurs accidentelles de la méthode.

La valeur moyenne de la constante « h » déduite de nos expériences est

$$h = 6,60 \,.\, 10^{-27} \text{ erg. sec.}$$

avec une erreur relative de environ $\pm$ ½ %.

E. Wagner[1] a dernièrement publié un travail dans lequel il a déterminé cette constante avec une plus grande précision que celle qui a été atteinte dans les présentes recherches. Il donne $h = 6{,}49 . 10^{-27}$. Les physiciens américains (voir pour la littérature mon dernier travail[2]) ont donné récemment la valeur $h = 6{,}55 . 10^{-27}$. Le chiffre que j'ai trouvé est donc un peu trop grand. Il conviendrait à ce propos de vérifier plus complètement les indications de notre électromètre aux divers régimes, avant de se prononcer sur la cause de cette petite divergence. Les résultats numériques sont résumés dans le tableau ci-après.

[1] WAGNER, E. *Ann. Phys.*, 57, 401, 1918.
[2] MÜLLER, Alex. *L. c.*

TABLEAU I

N°	A	t	l_0	l	MA
1	Pt	180	3,80	$3{,}06_5$	—
2	»	100	$3{,}79_5$	2,73	—
3	»	170	3,80	$2{,}44_5$	—
4	»	320	$3{,}79_5$	1,95	—
5	»	85	3,79	1,36	—
6	»	125	$3{,}79_5$	1,10	—
7	»	100	3,82	1,01	—
8	Cu	60	4,59	1,12	0,42
9	Pb	67	3,35	$1{,}10_5$	0,39
		90	»	$0{,}97_5$	—

N°	λ	V	h
1	1,073	11,5	$6{,}54 \cdot 10^{-27}$
2	0,968	12,8	6,59
3	0,870	14,0	6,48
4	0,698	18,1	6,72
5	0,486	25,6	6,61
6	0,385	31,4	6,43
7	0,349	36,3	6,72
8	0,402	31,4	6,70
9	0,395	31,4	6,57
	0,346	36,3	6,67 [1]

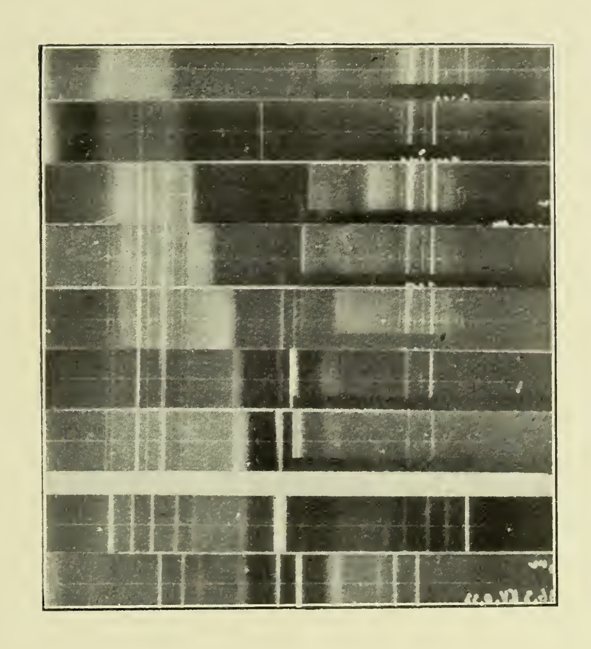
A = anticathode.
t = temps de pose en minutes.
l_0 = distance entre les centres des deux raies repères (en cm).
l = double distance entre la tête de la bande et le milieu de la plaque (en cm).
MA = milliampères (courant à travers le tube).
λ = longueur d'onde de la tête de bande en unités Augstrœm.
V = tension en kilo-volts.

Longueurs d'onde des raies repères :

Pt : raie Lα ; λ = 1,313 U. Angstr.
Cu » Kα ; λ = 1,538 »
Pb » Lα ; λ = 1,175 »

Genève, Laboratoire de physique de l'Université.

[1] Bande du côté droit de la planche.



Pl. I.



EXPÉRIENCE DE COURS

POUR

ILLUSTRER LES PHÉNOMÈNES FERROMAGNÉTIQUES

DANS UN GRAND AUDITOIRE

PAR

W. KOPP

Je me propose de décrire ici un dispositif destiné à montrer les phénomènes caractéristiques du ferromagnétisme, tels que l'hystérèse, la saturation et la courbe d'aimantation initiale dans un grand auditoire. Le principe général est le même que celui du tube de Braun et de l'oscillographe. On mesure le champ magnétisant ou bien le courant excitateur et l'induction magnétique par deux instruments analogues qui donnent des indications l'un dans la direction des abscisses et l'autre dans la direction des ordonnées.

J'ai réalisé ce dispositif en superposant les projections des fils de deux galvanomètres à corde, dont l'un est horizontal et l'autre vertical. On obtient en projection deux lignes à angle droit, dont le point d'intersection décrit la courbe d'aimantation. L'instrument qui mesure l'induction, que nous appellerons magnétomètre, est composé d'une corde métallique parcourue par un courant constant et placée dans l'entrefer d'un anneau coupé formé de la substance dont on veut examiner les propriétés ferromagnétiques. L'écart de la corde doit remplir la condition d'être proportionnel au champ dans un intervalle assez grand, ce qui est difficile à réaliser avec les types connus de galvanomètres à corde; d'autre part notre cas n'exige pas

une sensibilité aussi grande que celle de ces instruments et il est très facile de construire soi-même un instrument possédant les propriétés susmentionnées.

On n'a qu'à placer un fil d'argent d'un diamètre d'environ 0,03 mm dans un tube de verre en le fixant par une extrêmité à l'aide d'un ressort à boudin qui le tend avec une force indépendante de la déviation latérale dans tout l'intervalle. L'étude de cet instrument a montré que dans ces conditions l'écart est bien instantané et proportionnel au phénomène.

En se servant d'une lentille d'environ 3 cm de distance focale (loupe de Zeiss), on projette une partie de la corde voisine de l'entrefer à travers deux fenêtres en verre plan qui sont intercalées dans le tube qui renferme la corde.

Le galvanomètre ne se distingue du magnétomètre que par la position verticale de la corde et par la constance de son champ. Il mesure au moyen d'un shunt le courant qui traverse l'enroulement de l'aimant du magnétomètre. Le champ du galvanomètre est engendré par un petit électro-aimant.

Le courant excitateur de l'anneau du magnétomètre est fourni par une batterie. On la ferme sur une résistance et un commutateur et on applique un embranchement au moyen d'un curseur pour faire varier d'une façon continue et régulière le courant excitateur entre deux limites, positive et négative.

Par ce procédé on obtient facilement une image de la boucle d'hystérèse d'un à deux mètres d'étendue. Pour que la projection double réussisse bien, il est avantageux d'employer des sources lumineuses et des systèmes optiques équivalents pour chacune des deux projections. Par l'effet de la projection de lignes obscures sur une surface éclairée on réalise les avantages suivants :

En préparant l'expérience, on est à même de tracer une fois pour toute sur l'écran les courbes à illustrer pour une matière donnée. Ceci permet à l'expérimentateur de décrire soit la courbe d'aimantation initiale soit celle de l'hystérèse aussi lentement qu'il veut, tandis que le spectateur garde la vue d'ensemble des courbes pendant toute la durée de l'expérience. Pour répéter cette illustration dans une autre occasion il suffit d'établir les sensibilités nécessaires des instruments pour reproduire

exactement les courbes déjà tracées. A cette fin on n'a qu'à faire varier de façon convenable le courant traversant la corde du magnétomètre et le courant excitateur de l'électro-aimant du galvanomètre.

On sait que la présente méthode ne donne pas l'induction en fonction du champ magnétisant mais en fonction d'une grandeur modifiée par l'influence de la résistance magnétique de l'entrefer. On pourrait obtenir une courbe correspondant mieux à la véritable courbe d'aimantation en inclinant le magnétomètre du côté des abscisses négatives. Pour que la boucle d'hystérèse se présente sous une jolie forme, on choisira de préférence un anneau d'acier.

Il est évident que ce dispositif permet aussi d'illustrer la méthode de désaimantation par des cycles décroissants et d'autres détails intéressants relatifs à l'hystérèse, par exemple n'importe quel petit cycle asymétrique. En employant les deux systèmes comme galvanomètres, on obtient en outre un moyen propre à montrer le changement d'une grandeur en fonction d'une autre variable indépendante dans beaucoup d'autres problèmes de physique.

Pour terminer je tiens à mentionner l'avantage que cette méthode présente aussi en ceci, qu'elle ne nécessite que des instruments simples qui sont usuels dans le laboratoire.

Zurich, le 4 avril 1919.

Institut de physique
de l'Ecole polytechnique fédérale.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AUX

FORTIFICATIONS DE SAINT-MAURICE

pendant l'année 1918.

Juin 1918 à Novembre 1918.

(ÉTÉ ET AUTOMNE 1918)

Signes conventionnels.

≡ brouillard une partie de la journée.
≡ » tout le jour.
* neige.
⊠ neige sur le sol.
▲ grêle.
△ grésil.
K orage.
F fœhn.
H halo solaire.
h halo lunaire.

MOIS DE JUIN 1918

Jours du mois	Thermomètre Temp. moyenne		Hygromètre Frac. de sat. moy.		Nébulosité moyenne			Pluie, neige, brouillard, neige sur le sol, fœhn, etc... Lavey			Savatan			Dailly			Aiguille			Orages
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Divers	Pluie	Neige	Divers	Pluie	Neige	Divers	Pluie	Neige	Divers	
	°	°	%	%				mm	cm		mm	cm		mm	cm		mm	cm		
1	15.5	12.6	49	38	0	1	1													
2	14.6	11.7	59	52	0	1	1													
3	15.1	12.3	52	45	0	2	2													
4	15.1	11.5	42	43	0	1	1													
5	12.1	8.8	52	47	5	2	1													
6	12.6	9.6	**37**	33	0	0	3													
7	14.7	11.3	47	35	0	1	1													
8	16.5	13.6	38	**29**	0	0	0													
9	**17.9**	13.8	42	32	0	0	1													
10	10.1	6.0	86	**99**	10	10	10	**33.6**			**32.2**			**44.1**		≡	**43.4**		≡	
11	11.7	7.6	70	73	9	8	6	0.4						0.6			0.7			
12	14.3	10.1	70	74	10	10	9	0.8			1.0			1.6			1.4			
13	17.3	13.0	56	56	3	3	1													
14	17.6	**14.9**	55	36	0	1	0													
15	14.2	12.7	90	61	10	8	9	20.2			19.2			26.1		≡	25.8		≡	K
16	11.0	7.8	99	97	10	10	10	9.1			10.8			7.8		≡	7.9		≡	
17	9.5	6.3	100	97	10	10	9	10.2			13.7			18.6		≡	18.4		≡	
18	**9.4**	**4.7**	72	75	10	6	7	0.2												
19	10.7	6.9	73	63	6	7	8	4.2			6.8			6.3			6.0			
20	11.2	6.8	88	64	9	7	9	8.8			7.8			9.1			9.2			
21	10.3	7.2	100	90	10	10	10	14.2			14.8			15.9			15.6			
22	14.2	10.0	75	84	8	9	8	5.8			5.0			4.4			4.2			
23	11.4	7.7	47	43	7	5	5													
24	11.4	8.0	54	51	4	5	4													
25	14.5	10.6	49	52	5	4	5													
26	16.3	12.8	58	50	4	6	4	6.2			5.6			9.1			9.0			
27	12.7	10.2	80	71	4	7	6	15.8			14.5			15.1			14.9			
28	14.3	11.3	56	43	2	3	2													
29	14.7	11.0	68	57	4	4	3													
30	14.6	12.4	65	46	0	0	1													
Mois	13.52	10.11	64	58	4.7	4.7	4.5	129.5			131.4			158.7			156.5			1

MOIS DE JUILLET 1918

Jours du mois	Thermometre Temp. moyenne		Hygrometre Frac. de sat. moy.		Nébulosité moyenne			Pluie, neige, brouillard, neige sur le sol, fœhn, etc... Lavey			Savatan			Dailly			Aiguille			Orages
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Divers	Pluie	Neige	Divers	Pluie	Neige	Divers	Pluie	Neige	Divers	
	°	°	%	%				mm	cm		mm	cm		mm	cm		mm	cm		
1	15.6	12.4	66	62	1	5	1													
2	16.5	12.5	57	53	1	2	2													
3	15.4	12.2	66	62	7	9	6	1.0			1.1			1.6			1.5			
4	14.8	10.6	74	71	6	7	5							0.1			0.2			
5	16.1	11.6	67	70	5	6	7													
6	15.3	12.2	55	48	5	4	2													
7	16.8	14.7	51	39	0	0	1													
8	18.8	15.7	52	42	0	1	1													
9	16.3	13.2	**92**	80	9	9	8	18.5			17.7			21.1			21.0			
10	15.8	12.7	84	**93**	9	8	9	**25.5**			**25.5**			**21.6**			**21.2**			K
11	14.8	11.1	70	79	5	4	3							0.1			0.1			
12	17.1	14.5	63	59	1	3	2													
13	17.5	13.5	60	60	0	1	1													
14	16.5	14.9	84	50	6	6	10							1.6			1.4			
15	19.8	18.0	42	47	1	3	2													
16	21.4	20.1	49	39	1	1	1													
17	**25.4**	**22.8**	**35**	**28**	3	1	1													
18	22.9	18.8	63	44	8	4	6	1.3			3.0			0.1			0.2			
19	20.5	16.3	45	51	0	1	1													
20	22.8	16.7	43	58	5	5	5	7.0			5.5			4.3			4.0			K
21	17.4	14.7	43	52	2	1	3													
22	16.1	12.8	56	61	4	2	2				0.5			0.1			0.1			
23	15.8	13.6	86	68	10	8	7	3.8			4.6			4.8			4.5			
24	18.6	14.2	56	71	1	2	2													
25	17.4	13.5	53	50	6	7	2													
26	17.1	12.1	47	55	6	4	6	0.8						2.1			2.0			
27	12.3	8.1	81	72	7	9	9	5.3			7.6			8.5			8.3			
28	**10.1**	**6.9**	87	63	8	7	6	1.5			1.0			1.1			1.0			
29	14.2	10.6	55	59	1	0	1													
30	16.1	12.5	56	56	1	1	0													
31	17.7	14.7	44	37	0	0	0													
Mois	17.19	13.81	61	57	3.8	3.9	3.6	64.7			66.5			67.1			65.5			2

MOIS D'AOUT 1918

Jours du mois	Thermomètre Temp. moyenne		Hygromètre Frac. de sat. moy.		Nébulosité moyenne			Pluie, neige, brouillard, neige sur le sol, fœhn, etc. — Lavey			Savatan			Dailly			Aiguille			Orages
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Divers	Pluie	Neige	Divers	Pluie	Neige	Divers	Pluie	Neige	Divers	
	°	°	%	%				mm	cm		mm	cm		mm	cm		mm	cm		
1	19.1	14.7	42	45	0	1	1							0.1			0.2			
2	16.3	12.5	75	72	10	10	10	13.0			11.8			11.5			11.7			
3	16.7	12.0	68	81	9	9	8	8.4			6.0			7.4			7.2			
4	13.4	10.2	**88**	**85**	10	10	7	2.0			3.0			2.6			2.4			
5	16.2	12.5	69	80	7	8	8													
6	15.9	13.3	76	62	8	8	8	11.4			10.3			13.7			13.6			
7	12.5	8.5	58	69	5	6	6													
8	14.7	11.5	55	62	1	2	1													
9	14.1	11.9	74	62	10	10	10	0.2			1.0			4.1			4.0			
10	14.3	10.8	46	50	1	2	2													
11	14.1	11.0	62	57	0	0	0													
12	16.2	13.0	59	65	3	4	1													
13	18.0	14.0	52	59	3	3	2													
14	17.4	13.8	56	56	0	0	1													
15	19.5	15.5	49	55	0	0	1													
16	20.3	18.7	**30**	41	1	0	1			h										
17	21.3	18.7	43	**35**	3	2	5													
18	21.1	16.6	49	59	1	4	2													
19	19.1	13.8	51	66	4	3	4													
20	19.9	15.6	53	47	0	1	1													
21	21.1	20.3	52	46	0	0	0													
22	23.2	**20.4**	49	44	0	1	1													
23	**23.7**	19.7	43	44	1	1	3													
24	16.8	15.1	**88**	60	9	7	7	**19.3**			**24.0**			**25.4**			**25.0**			
25	17.3	13.3	67	80	7	5	5	1.0			2.0			1.4			1.3			
26	17.9	13.4	57	66	9	5	3													
27	16.9	12.4	40	56	3	3	3													
28	16.7	12.8	46	52	6	2	1													
29	14.7	9.1	62	69	9	7	6	4.3			5.3			7.6			7.4			
30	**11.0**	**6.8**	56	69	6	3	4													
31	13.1	10.0	43	49	0	0	0													
Mois	17.18	13.61	57	59	4.0	3.8	3.6	59.6			63.4			73.8			72.8			

MOIS DE SEPTEMBRE 1918

Jours du mois	Thermometre Temp. moyenne		Hygromètre Frac. de sat. moy.		Nébulosité moyenne			Pluie, neige, brouillard, neige sur le sol, fœhn, etc... Lavey			Savatan			Dailly			Aiguille			Orages
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Divers	Pluie	Neige	Divers	Pluie	Neige	Divers	Pluie	Neige	Divers	
	°	°	%	%				mm	cm		mm	cm		mm	cm		mm	cm		
1	14.8	13.5	58	56	2	4	4	4.5			5.6			6.4			6.2			
2	12.9	9.6	94	87	7	8	7	14.5			14.0			12.6			12.4			
3	15.1	11.3	60	68	1	1	1													
4	16.3	15 7	54	40	0	0	0													
5	19.7	15.6	41	60	6	3	5	10.5		F	9.0		F	11.6		F	11.7		F	
6	15.3	13.6	81	68	5	5	4	2.0												
7	17 0	15.1	57	51	2	4	3	10.2			8.5			6.2			6.3			
8	15.5	12.5	78	71	8	9	6	8.3			9.2			9.1			9.0			
9	11.5	9.8	**95**	86	10	10	9	17.2			18.2		≡	16.6			16.4			
10	17.3	15.2	44	53	10	7	6	**45.4**		F	**39.5**		F	**40.1**		F	**40.2**		F	
11	13.1	11.7	80	81	9	9	9	11.6			13.8			9.9			9.8			
12	11.5	9 9	89	77	10	10	10	18.5			19.8			18.4			18.2			
13	11.5	7.8	55	60	5	4	4				0.1			0.1			0.1			
14	10.9	9.0	69	63	4	1	1													
15	14.3	14 3	60	42	0	1	1													
16	16.6	16.8	47	38	0	0	0													
17	**20.1**	18.1	**38**	**37**	8	6	6	0.2		F			F			F			F	
18	20 0	**18.5**	52	44	10	6	8	0 3		F	0.7		F	0.4		F	0.3		F	
19	**20.1**	17.7	57	59	8	9	5	11.0			10.5			11.9			11.7			
20	11.1	7.7	**95**	100	10	10	10	28.4			26.2		≡	31.3			31.4			
21	11.2	8.8	77	78	5	5	4									≡			≡	
22	13.3	12.2	65	72	5	9	4	3.1		F	2.9		F	3.2		F	3.0		F	K
23	10.3	7.0	**95**	100	10	10	10	23.5			26.4		≡	34.4		≡	34.2		≡	
24	**8.5**	**5.3**	**95**	92	10	10	10	4.5			5.4			6.6		≡	6.7		≡	
25	10.6	8.4	83	83	5	4	5				0.1									
26	13.2	13.8	65	67	0	3	1													
27	12.9	10.1	80	81	4	4	2													
28	12.6	8.4	64	92	6	7	7									≡			≡	
29	12.2	10.5	79	81	5	5	1													
30	9.8	7.7	85	81	3	9	8	24.0			23.5		≡	26.6		≡	26.4		≡	
Mois	13.99	11.85	70	69	5.6	5.8	5.0	237.7			233.4			245.4			244.0			1

MOIS D'OCTOBRE 1918

Jours du mois	Thermomètre Temp. moyenne		Hygromètre Frac. de sat. moy.		Nébulosité moyenne			Pluie, neige, brouillard, neige sur le sol, fœhn, etc... Lavey			Savatan			Dailly			Aiguille			Orages
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Divers	Pluie	Neige	Divers	Pluie	Neige	Divers	Pluie	Neige	Divers	
	°	°	%	%				mm	cm		mm	cm		mm	cm		mm	cm		
1	7.7	2.7	57	84	9	7	9				0.2			0.2		≡	0.1			
2	7.4	2.7	48	64	6	4	4													
3	7.8	4.5	56	67	0	0	1													
4	9 5	6.1	72	64	9	5	5				0.2			0.6			0.5			
5	9 5	6.3	72	83	5	4	4			≡				1.1		≡	1 2			
6	9.7	7.8	73	63	4	8	5													
7	9.3	9.8	77	57	0	0	0				0.7			0.1			0.2			
8	6.1	4 2	95	76	9	9	10	16.5			17.8			16.2	4		16.3	5		
9	4 7	**0.6**	83	96	5	6	9							0 2		≡ [*]	0.1		≡ [*]	
10	5.6	4.6	85	71	0	1	0												[*]	
11	7.5	8.5	90	67	7	3	4			≡				0.2			0.1			
12	9.7	8.0	88	88	4	8	7	2.0		≡	3.7	≡		5 9		≡	5.7			
13	7.7	4.6	100	100	10	10	10	7.0		≡	6.0			9.2		≡	9.3		≡	
14	9.2	5 2	97	100	10	10	10	5.5		≡	6.4			9.9		≡	9.7		≡	
15	9.9	3.3	85	100	10	10	10	**24.2**		≡	**23.3**			**31 1**		≡	**31.4**	1	≡	
16	4.9	1 3	99	100	10	8	9	3.4		≡	3 4			3.4		≡	3.4		≡ [*]	
17	5.5	2 3	93	89	5	7	6													
18	4.9	2.9	85	69	2	4	2													
19	6.4	4.4	76	72	7	6	6	0.8			1.2			1.4			1.2			
20	5.4	2.4	100	100	8	8	7	3.2			3 8	≡		3.6		≡	3.7		≡	
21	7.1	5.4	68	65	1	1	1													
22	12.1	8.9	57	60	6	7	7													
23	**15.9**	**11.3**	**37**	58	4	4	5			F			F			F			F	
24	10.1	8.1	98	90	9	10	9	2.8			3.7			2.9			2.8			
25	10.7	6 4	79	98	9	9	7	0.5						0.3			0.4			
26	8.9	4.1	78	100	10	9	10									≡			≡	
27	7 0	3.2	65	67	3	2	2													
28	5 1	2.9	75	81	0	2	3													
29	4.5	5.3	77	53	0	0	5													
30	3.2	5.4	87	50	0	1	4													
31	**3.0**	4.9	83	**44**	0	0	2									≡			≡	
Mois	7.61	5 10	79	77	5.3	5 3	5.6	65.9			70.4			86.3	4		86.1	6		

MOIS DE NOVEMBRE 1918

Jours du mois	Thermomètre Temp. moyenne		Hygromètre frac. de sat. moy		Nébulosité moyenne			Pluie, neige, brouillard, neige sur le sol, fœhn, etc... Lavey			Savatan			Dailly			Aiguille			Orages
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Divers	Pluie	Neige	Divers	Pluie	Neige	Divers	Pluie	Neige	Divers	
	°	°	%	%				mm	cm		mm	cm		mm	cm		mm	cm		
1	4.6	4.9	77	77	1	3	2			≡										
2	6.3	6.1	60	49	4	5	4													
3	9.5	7.4	57	58	5	6	6													
4	9.1	7.7	89	89	8	7	7													
5	**12.9**	10.7	50	49	6	7	3													
6	**12.9**	**11.9**	57	56	8	7	7			≡	0.1		≡							
7	10.9	8.6	75	60	6	7	7													
8	8.9	8.6	83	71	3	3	2													
9	9.8	6 9	93	100	7	9	9							0 4		≡	0.3			
10	9.3	5.8	89	100	9	10	6									≡				
11	5.9	7.2	82	43	1	1	1													
12	5.6	6.2	85	57	4	5	4													
13	5.3	0 2	73	100	10	9	9									≡			≡	
14	1.3	0.6	91	100	10	9	10									≡			≡	
15	0.6	– 2 7	92	97	10	8	8									≡			≡	
16	0.9	– 2.7	87	56	7	6	1													
17	1.4	– **3.1**	43	41	4	5	5													
18	0 1	– 2.4	65	61	6	6	3													
19	0.4	– 2.3	71	57	3	3	8													
20	– 2.3	– 2.2	79	43	0	0	4													
21	– 2.4	0 9	88	43	0	0	2													
22	– **2.5**	1.3	90	31	0	0	1													
23	– 2.4	0.7	95	**28**	3	3	0			≡			≡							
24	0.1	1.1	**42**	30	0	5	4													
25	0.9	– 0.2	57	57	0	7	7	3.6	**1**		3.5	**3**		3.8	**7**		3.9	**9**		
26	2.4	0.3	85	91	8	8	5	2.2			1.5			2.5	1	⊠	2 4	2	⊠	
27	2.4	0.9	92	97	10	10	9	11 5			11.3			11.6	6	≡ ⊠	11.7	6	≡ ⊠	
28	3.5	0.7	86	91	10	10	8	7.2			10.2			10.1		⊠	10.0		⊠	
29	3.4	2.2	100	100	10	10	10	**21.5**		≡	**19 4**			**21 7**		⊠	**21 6**		⊠	
30	4 0	0.3	95	100	3	10	10	10.0			10.2		≡	3 5		≡	3.2		≡ ⊠	
Mois	4.09	2.85	78	68	5.3	6 0	5.4	56.0	1		56.2	3		53.6	14		53.1	17		

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

Séance ordinaire du 27 novembre 1918.

Moreillon. Notices biographiques. — J. Amann. Edaphisme chimique. — Arthur Maillefer. Sur le développement de la structure atomique d'Impatiens Roylei.

M. Moreillon lit des *notices biographiques* sur *Jean-Louis-Rodolphe Agassiz. Jules Combe, Marc-Louis Fivaz*, le ministre *Mellet, Georges du Plessis*, *Jonathan-Emmanuel Moehrlen* et *J.-J. Vetter.*

J. Amann fait une communication sur l'*édaphisme chimique*, c'est-à-dire les rapports qui existent entre les propriétés chimiques et physico-chimiques des terrains et la végétation qu'ils portent. Il expose la nouvelle méthode qu'il emploie pour étudier la réaction chimique des terrains, soit la présence ou l'absence des ions libres NH' et H', au moyen d'un indicateur spécial, l'*indicateur panchromatique d'Amann,* préparé dans son laboratoire.

Cette étude l'a amené à distinguer, parmi les plantes et les associations végétales, les quatre catégories suivantes :

Les *basiphiles* ne croissant que sur des terrains à réaction alcaline (ions OH') ;

les *oxyphiles* ne croissant que sur des terrains à réaction acide

les *neutrophiles* ne croissant que sur les terrains neutres ;

les *indifférentes* vivant indifféremment sur les différents terrains.

Relativement aux exigences des plantes par rapport à l'élément calcaire, on peut dire qu'en général, les Calciphiles sont des basiphiles, les Calcifuges des oxyphiles ou des neutrophiles ; mais la coïncidence entre les deux séries est loin d'être parfaite et souffre d'assez nombreuses exceptions.

L'application de cette nouvelle méthode d'étude des terrains, très facile en pratique, est susceptible de fournir des notions exactes sur

les exigences des espèces et associations végétales relativement à une propriété du sol qui doit être considérée comme très importante pour le chimisme vital de la plante. Ces faits sont d'un haut intérêt pour la géographie botanique, en ce qu'ils donnent la clé d'une foule d'anomalies, jusqu'ici inexpliquées, dans la répartition des éléments floraux.

Le détail de cette méthode, ainsi que les principaux résultats obtenus pour l'étude écologique des Muscinées, seront exposés dans le travail *in extenso* qui paraîtra dans le *Bulletin*.

Arthur Maillefer. — *Sur le développement de la structure anatomique d'Impatiens Roylei.*

Ce travail paraîtra dans le *Bulletin*.

Séance ordinaire du mercredi 4 décembre 1918.

F. Wilczek. Protection du Ruscus aculeatus. — H. Faes. Sur la destruction des insectes parasites et sur l'apparition du coléoptère Niptus hololeucus dans le canton de Vaud. — F. Gaguebin. Encore sur les Klippes du Gros-Plané. — Jules Courvoisier. Etude sur les Diatomées du massif de Morcles.

F. Wilczek a reçu du Département de l'Agriculture une lettre lui demandant s'il n'y aurait pas lieu de *protéger le Ruscus aculeatus* dans la région de Villeneuve-Aigle ; il se ferait, paraît-il, une exportation considérable de cette plante pour la confection de couronnes mortuaires. M. Wilczek prie toutes les personnes qui auraient fait des remarques à propos de ce commerce de bien vouloir lui en faire part.

H. Faes présente deux communications :

1. *Sur la destruction des insectes parasites des habitations par l'acide prussique gazeux* (voir aux mémoires) :

2. *Sur l'apparition du coléoptère Niptus hololeucus dans le canton de Vaud et le moyen de le détruire.*

Le *Niptus hololeucus*, d'abord décrit d'Asie Mineure par Faldermann, fut signalé pour la première fois en Europe par Bainbridge. dans les magasins d'une fabrique de brosses à Londres (1837). En France, Reiche le signale pour la première fois en 1855 dans les boiseries d'une habitation à Calais. Dès lors il fut retrouvé en Allemagne. en Suède, au Canada, etc.

L'insecte, devenu un parasite presque cosmopolite des habitations. est beaucoup plus répandu en Suisse qu'on ne le suppose généralement. Il a été signalé dans diverses localités du canton de Vaud, où il s'est par place développé en grande quantité, à Martigny et à Berne.

L'article le plus complet paru jusqu'ici sur le *Niptus hololeucus* a été écrit, en 1906, par Eric Mjöberg[1].

Mjöberg avait trouvé à Stockholm une durée d'évolution totale de 126 jours en moyenne, tandis que les *Niptus* que nous avons étudiés à Lausanne ont parcouru tout leur cycle de développement en 91 jours. Grâce à un abondant matériel, l'auteur a pu étudier soit la biologie de l'insecte, soit les procédés de destruction.

Les insectes parfaits que nous avons récoltés dès le 13 avril 1918 ont été nourris avec du son et des débris de liège. La ponte des œufs commença dès le 18 mai, les éclosions se firent de 7 à 12 jours après la ponte. Nous pûmes vérifier les observations faites déjà par Mjöberg ; l'œuf d'abord blanc, devenant ensuite jaunâtre. puis laissant apparaître par transparence les mandibules foncées de la larve.

Eclose, la larve reste encore un certain temps attachée à la coque de l'œuf.

La larve, blanche, est typique d'un insecte coléoptère : arquée, couverte de poils, avec de très fortes mandibules foncées. Celles que nous avons élevées ont accompli leur vie larvaire en 65 à 70 jours, en moyenne ; elles se nourrissaient très volontiers de fragments de bouchons dans lesquels elles creusèrent des galeries terminées par une loge nymphôse.

La chrysalide laisse reconnaître tous les organes de l'insecte parfait ; durée de la nymphôse 18 jours. Nous obtenons des insectes parfaits dès le 18 août.

En général le *Niptus hololeucus,* qui peut supporter un jeûne complet de plusieurs mois, s'est montré très résistant aux différentes substances expérimentées pour sa destruction. Nous avons obtenu des résultats tout à fait satisfaisants en employant l'acide prussique gazeux (H C N), suivant le procédé, classique aujourd'hui, qui consiste à décomposer du cyanure de sodium par de l'acide sulfurique étendu d'eau.

Dans les expériences préalables de laboratoire. pour obtenir un résultat complet, nous avons dû employer 20 grammes de cyanure de sodium par m^3 — durée d'action du gaz 24 h. ou 30 grammes par m^3 — durée d'action du gaz 6 h. Si l'on diminuait les quantités de cyanure ou respectivement la durée d'exposition des *Niptus* au gaz, les insectes paraissaient morts à la fin de l'opération... mais n'étaient qu'étourdis et se réveillaient après quelques jours d'immobilité complète.

Dans la pratique, eu égard aux pertes de gaz qui se produisent

[1] MJÖBERG, E. *Om negra svenska insekters biologi och u'veckling* (Nip. p. 11). « Archiv. för Zoologi ». Bd. 3. Hft. Upsala et Stockholm, 1906.

dans les locaux si bien préparés et étanches soient-ils, nous avons augmenté de beaucoup les doses reconnues suffisantes en laboratoire. Les quantités employées furent de 40 à 50 grammes de cyanure de sodium par m^3 avec une durée d'exposition aux gaz de 24 heures. Pour un gros bâtiment, l'équipe chargée de la désinfection utilisa en une fois jusqu'à 100 kg. de cyanure de sodium.

Disons également que la destruction totale des *Niptus* peut aussi s'obtenir par les vapeurs de sulfure de carbone (CS_2), mais cette dernière substance était introuvable dans notre pays durant la guerre.

E. Gagnebin. — *Encore sur les Klippes du Gros-Plané.*

Dans une note antérieure[1] j'annonçais la présence des *Couches de Wang*, d'âge maestrichtien parmi les Klippes du Gros-Plané situées au N.-E. du Moléson, en pleine zone des *Préalpes bordières*. On sait que ces couches de Wang n'étaient connues en Suisse que dans la plus haute des nappes helvétiques, dans la nappe du Wildhorn. Elles sont, près du Gros-Plané, associées à des calcaires du Jurassique supérieur que j'assimile à l'Argovien des *Préalpes médianes*.

Un nouvel examen des lieux me permet de préciser la position réciproque de ces deux formations.

Les couches de Wang reposent *sur* les calcaires argoviens, contrairement à ce que j'avais annoncé dans ma première note. Et l'Argovien lui-même domine une série oxfordienne, callovienne, bathonienne, fossilifère, qui s'appuie sur un banc de brèche nummulitique faisant partie du Flysch des Préalpes bordières.

Je maintiens l'attribution de cette série jurassique à la nappe des Préalpes médianes ; on a voulu voir du Tithonique de la zone bordière dans l'Argovien grumeleux que recouvrent les couches de Wang ; or aucune des coupes minces que j'en ai faites ne m'a montré le foraminifère toujours présent dans ce Tithonique, la *Calpionella alpina Lorenz*. De plus, j'ai trouvé dans ces couches grumeleuses un *Perisphinctes cf. Janus Choffat*[2] qui semble bien être d'âge lusitanien. Dans une autre Klippe plus petite, et plus proche du Gros-Plané, ces mêmes calcaires — parfois rosés — sont associés à du Lias échinodermique (Lotharingien) identique à celui, tout voisin, des Préalpes médianes.

Jules Courvoisier présente une *étude sur les Diatomées du massif de Morcles.*

Cette étude paraîtra dans le *Bulletin.*

[1] Gagnebin, E. *Les Klippes du Gros-Plané (Moléson).* Bull. Soc. vaud. Sc. nat., vol. 51, p. 186. 21 novembre 1917.

[2] Choffat, P. *Ammonites du Lusitanien de Torrès Vedras.* Pl. VIII, fig. 3.

Assemblée générale du mercredi 18 décembre 1918.

F. Rabowski. Contribution à l'âge des couches à Mytilus. — Jules Cauderay. Méthodes pour rechercher les germes des maladies flottant dans l'air. — L.-P. Mercanton. L'étoile nouvelle de l'Aigle-Serpent, 1918. — Charles Meylan. Sur quatre nouvelles espèces de Myxomycètes.

F. Rabowski. — *Contribution à l'âge des couches à Mytilus.*

L'âge des couches à *Mytilus* a suscité jadis de nombreuses controverses. En 1883, MM. de Loriol et Schardt[1] assignent l'âge bathonien à ces couches. Mais le caractère si spécial de leur faune et leur position stratigraphique entre le Lias et le Malm laissaient une forte marge dans leur attribution à un étage déterminé et des doutes subsistaient.

Pourtant, dès 1885, V. Gilliéron[2] s'opposait franchement à la manière de voir de MM. de Loriol et Schardt. Il attribuait les couches à *Mytilus* au Callovien et à la zone de l'*Ammonites transversarius*. Toutefois, la question de leur âge exact n'était pas encore résolue pour lui d'une manière définitive.

L. Rollier[3] plaçait ses couches à *Mytilus* dans le Séquanien inférieur.

La trouvaille heureuse d'une faune d'ammonites dans la partie supérieure des couches à *Mytilus* m'a permis de trancher la question si discutée de leur âge, au moins en ce qui concerne leur limite supérieure.

Sur le versant gauche du Simmenthal, au-dessus de Latterbach et dans le flanc méridional et inverse de l'anticlinal de Klus, prolongement de celui des Gastlosen, on rencontre dans la forêt, intercalé dans les assises tectoniquement inférieures des couches à *Mytilus*, un banc de 3 à 5 cent. d'épaisseur, composé de calcaires dolomitiques gris clair, finement gréseux et parfois spatiques. A la surface inférieure de ce banc (série inverse) on aperçoit un lit de 20 centimètres d'épaisseur environ, formé par un calcaire très dur, plus foncé, parfois spathique et finement gréseux, comme le précédent. Il renferme

[1] 1883. de Loriol, P. et Schardt, H. *Etude pal. et strat. des couches à Mytilus des Alpes vaudoises.* Mem. de la Soc. Pal. Suisse, vol. X.

[2] 1885. Gilliéron, V. *Description géol. des territoires de Vaud, Fribourg et Berne.* Mat. pour la carte géol. de la Suisse, livr. 18.

[3] Rollier, L. *Dictionnaire géographique de la Suisse.* Vol. IV, p. 746 édition allemande).

une faune suffisamment caractéristique pour déterminer son niveau stratigraphique. On y reconnaît les espèces suivantes :

Phylloceras tortisulcatum, d'Orb.
» *antecedens*, Pomp.
» *zignodianum*, d'Orb.
» *Riazi*, de Lor.
Hecticoceras rauracum. Mayer.
Oekotraustes scaphitoïdes, Coq.
Perisphinctes plicatilis, d'Orb.
» *Tiziani*, Opp.
» *lucingensis*, Favre.
» *perisphinctoïdes* Svinz.
» *birmensdorfensis* Moesch.

Peltoceras athletulum, Mayer.
Ostrea unguis, Mer.
Plicatula Quenstedti, de Lor.
Pecten vitreus, Roem.
Cardderia Thevenini, de Lor.
Rhynevulla Asteriam, d'Orb.
» *acarus*, Mer.
Terebratula andelotensis, Haas.
Millericrinus Escheri, d'Orb.
» *Studeri*. de Lor.

C'est à la zone à *Peltoceras transversarium* qu'il faut attribuer cette faune, tout en remarquant, sa similitude avec celle de la zone à *Cardioceras cordatum*.

Le niveau fossilifère est séparé du Malm par une couche de 0,5 à 3 m. d'épaisseur de calcaire foncé, brunâtre, tout à fait typique pour les couches à *Mytilus* contenant quelques fossiles, malheureusement indéterminables.

Il résulte de cette trouvaille que la partie supérieure des couches à *Mytilus* est d'âge argovien. Mais l'épaisseur considérable de ces couches permet de conclure que d'autres étages, plus anciens, y sont aussi représentés, comme l'indiquent les études de M. de Loriol.

Il nous paraît donc justifié d'admettre que *les assises des couches à* Mytilus *se sont déposées entre le Bathonien et l'Argovien.*

Il nous reste à expliquer dans ces couches la présence d'une faune de Céphalopodes, accusant des relations avec une mer profonde. Il faut tout d'abord remarquer à ce propos que ces couches s'appuient au SE, au Spielgerten, à la Gummfluh et à Tréveneusaz, à une terre émergée, constituée par des terrains triasiques.

Une terre émergée, constituée en grande partie par des couches liasiques, a dû également exister au NW. Sa présence est attestée d'un côté par des conglomérats, de l'autre par la superposition directe du Malm sur les assises liasiques. Cette disposition est visible sur le versant gauche du Bas-Simmenthal, puis dans le flanc septentrional inverse de l'anticlinal des Gastlosen, ainsi que dans tout l'anticlinal des Tours d'Aï et dans l'anticlinal de la Sarse[1].

Sur la rive gauche du Rhône, cette zone émergée passe probablement par l'anticlinal du Pas de Riss et se prolonge au SW dans le

[1] 1918. JEANNET, A. *Monographie géol. des Tours d'Aï.* Mat. pour la carte géol. de la Suisse. Nouv. série, XXXIV livr., 2e partie.

flanc inverse de l'anticlinal II de M. Lugeon[1], à l'W de la Haute-Poverte, au col de Chavanettes.

Des dépôts littoraux qu'on observe au NW de cette bande exondée caractérisent son rivage externe. Ainsi au N de la Klus, au-dessus de Boltigen, V. Gilliéron[2] signale la présence des galets siliceux et des calcaires gréseux avec *Perisphinctes plicatilis* et *Phylloceras tortisulcatum*. Il en est de même dans la chaîne du Vanil Noir-Arvel. ou A. Jeannet[3] relève la présence dans le Bathonien de calcaires oolithiques, de feuillets de charbon, de calcaires bréchoïdes et l'existence des brêches (Molatroix et Sarse) attribuées au Callovien.

Ces observations nous permettent de déduire que la mer des couches à *Mytilus* était bordée par deux bandes de terre émergées. L'intérieure, plus importante, tout en subissant quelques oscillations. date du Ladinien supérieur, tandis que l'autre extérieure, large de quelques kilomètres seulement, a commencé à s'exonder au Lias supérieur, mais ne s'est développée qu'au Bathonien. La bande externe, éloignée de la terre située plus au SE d'une quarantaine de kilomètres au maximum, joue ainsi le rôle d'une barrière allongée, peut-être de quelques centaines de kilomètres. Ses extrémités se rapprochent fortement du continent et il se peut qu'elles s'y rattachent.

La mer des couches à *Mytilus*, envisagée ainsi comme une mer intérieure, nous explique la particularité de sa faune. La barrière a intercepté, ou à peu près, la communication avec la pleine mer caractérisée par les faciès bathiaux des parties plus externes des Préalpes médianes. La faune bathonienne néritique qui y existait alors près du rivage, est restée à l'abri des incursions des formes nouvelles. Les conditions générales de la mer restant, d'autre part, sensiblement les mêmes, cette faune, tout en subissant des modifications, a pu conserver pour plusieurs de ses espèces et jusque dans l'Argovien, son caractère bathonien.

Au temps de l'Argovien, une portion de cette barrière a du s'immerger au N du Wildenberg. Les deux mers ont pu alors communiquer par un détroit, et une faune étrangère à celle des couches à *Mytilus*, venant du large, a pu se fixer aux abords du détroit tandis que les coquilles flottantes des *Céphalopodes* venaient s'échouer vers la côte.

Une simple exondation du détroit ayant intercepté pour la seconde fois la communication entre les mers. le faciès des couches à *Mytilus* redevint tranché.

[1] Lugeon, M. *La région de la brèche du Chablais.* Bull serv. carte géol. de la France. T. VII, nº 46.

[2] 1883. Gilliéron, V. *loc. cit.*, p. 164.

[3] 1918. Jeannet A. *loc. cit.*, p. 509.

Il est probable que des conditions semblables se sont produites aux Cornettes de Bise, en Savoie. A Favre[1] y a signalé, en effet, à la base du Malm, le *Perisphinctes plicatilis*. L'absence d'une récurrence de faciès des couches à *Mytilus* prouve que la barrière ne s'exonda plus en cet endroit ; mais qu'elle a continué de s'affaisser.

Il découle de cette constatation que, si le faciès des couches à *Mytilus* se prolonge généralement jusque dans l'Argovien, il existe des endroits où l'Argovien, d'un faciès plus semblable à celui du Malm, lui est superposé.

Il ressort encore de notre exposé que la cuvette des couches à *Mytilus* est à envisager, dans la mer préalpine, comme un petit géosynclinal, au milieu d'une zone géanticlinale, représentée par les deux bandes de terre émergées.

Jules Cauderay. — *Méthodes pour rechercher les germes des maladies flottant dans l'air.*

Supposons une salle d'hôpital hébergeant des grippeux : sur le plafond, je tracerais à la craie une ligne en forme de portion de spire, et sur cette ligne je fixerais une cloison formée par une simple bande d'étoffe, pouvant avoir, suivant les dimensions de la salle, de 8 à 10 m. de longueur sur 50 à 75 centimètres de largeur, et dont une extrémité serait rigide et fixée au mur de la salle. En ce point se trouverait l'appareil à filtrer, consistant en un ventilateur électrique destiné à aspirer l'air de la salle et à le refouler dans un récipient contenant de l'eau ou tout autre liquide suivant le but des recherches, ou encore formé par une cloison poreuse.

P.-L. Mercanton. — *L'étoile nouvelle de l'Aigle-Serpent, 1918.*

Après avoir exposé l'incertitude relative à la date vraie de la découverte de cette Nova et son paroxysme d'éclat du 9 juin, M. Mercanton relate ses observations personnelles :

Quand, le 13 juin à 0 h. $^1/_2$, le ciel étant redevenu serein, j'ai pu observer l'étoile, elle n'égalait plus qu'Altaïr, de l'Aigle (0,8) et déjà sa teinte tournait au jaune clair. Quelques jours plus tard, elle était franchement jaune ; le 19, sa grandeur n'était plus que 2,3 pour moi. Dès lors son éclat est allé en diminuant graduellement mais avec des alternances de renforcement temporaires. Actuellement (XII 1918), l'étoile est au-dessous de la cinquième grandeur.

J'ai estimé celle-ci aussi souvent que possible pendant l'été 1918 jusqu'à ce que l'affaiblissement de l'éclat ait rendu l'observation insuffisamment précise à l'œil nu ; j'observais, en effet, par la méthode

[1] 1867. Favre, A. *Recherches géologiques dans les parties de la Savoie, du Piémont et de la Suisse, voisines du Mont-Blanc.* Vol. II, p. 97.

des « degrés » par rapport à un ensemble d'étoiles de comparaison voisines de la Nova et de grandeurs peu différentes. Cette méthode est excellente si l'on prend la précaution : *a)* d'habituer son œil à l'obscurité : *b)* de n'observer que par les nuits sereines et sans lune : *c)* de choisir des étoiles de comparaison proches de l'astre étudié et à peu près de la même hauteur que lui, en évitant les observations trop près de l'horizon. J'ai conscience d'avoir soigneusement pris ces précautions, ce qui m'engage à publier la série des valeurs obtenues. Elles proviennent soit de Lausanne soit de La Coudre sur l'Isle (altitudes 500 et 800 m).

Juin	13	0 h 1/2	M = 0,8	Juillet	30	23	4,1
	14	0 h 1/2	1,1		31	23 1/2	4,1
	15	2	1,4	Août	7	22	3,6
	19	0	2,3		8	22 1/4	3,8
	24	1	2,9		9	22	3,9
	25	22	3,0		13	22 h	4,4
	28	23	3.4		26	21 1/2	4,0
	29	23	3,6		27	22	4,2
Juillet	1	23	3,0		29	22	4,3
	3	0	3,0		30	22	4,4
	5	0 1/4	2,95		31	22 3/4	4.7
	6	2 3/4	3,05	Sept.	2	22	4,8
	7	23 h 1/2	3,4		3	22	4.8
	9	1	3,45		4	22	4,6
	14	0	3,6		6	22	4.4
	16	0 1/2	3,6		12	22	4,4
	17	0	3,55		26	20 1/2	5,0
	20	2	3,9		29	20	4,8
	29	22	4,1				

Les heures indiquées sont celles de l'Europe centrale. Ces résultats concordent bien avec certains de ceux, très nombreux, que l'*Astronomie,* le bulletin de la Société astronomique de France, a publiés, entre autres avec ceux de notre compatriote, M. Dumartheray, de Nyon.

Il ressort de cet ensemble de documents que le Nova de l'Aigle a subi au cours de son extinction graduelle des fluctuations d'éclat atteignant plusieurs dixièmes et montrant une périodicité un peu indécise de 10 à 12 jours ; l'augmentation de grandeur était en règle générale plus rapide que sa diminution ultérieure. De telles fluctuations semblent être un phénomène inséparable des paroxysmes donnant lieu à l'apparition des Novae. Elles s'accompagnent toujours de modifications du spectre de l'astre ; la Nova de l'Aigle n'y a point manqué. Son spectre, très beau, a eu une analogie très grande avec ceux de la Nova du Cocher (1892) et de Persée (1901) et avec ceux des Novae en général. On y voit les raies de l'hydrogène, flanquées, du côté des courtes ondes,

d'une raie sombre d'absorption ; on y distingue également le dédoublement des plus brillantes raies d'émission de l'hydrogène. Ces particularités caractéristiques sont bien reconnaissables dans les photographies spectrales faites à l'Observatoire fédéral de Zurich par M. le prof. Dr Wolfer. Elles proviennent d'un télescope de 12 cm d'ouverture et 2 m de distance focale muni d'un prisme objectif. Le spectre s'étend de 500 à 377 millimicrons. On y reconnaît des modifications dans le cours du temps, corrélatives des changements d'aspect et d'éclat de l'étoile. Ce dernier est maintenant inférieur à la cinquième grandeur et décroît lentement sans plus guère fluctuer.

Le secrétaire présente une note de M. Charles MEYLAN sur *quatre nouvelles espèces de Myxomycètes* ; ce travail paraîtra dans le *Bulletin*.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

Dr M. von LAUE. — *Die Relativitätstheorie, 3te Aufl., erster Band. Das Relativitätsprincip der Lorentz-transformation.* — *Collection die Wissenschaft Dr Eilhard Wiedemann.*

L'excellent ouvrage de M. von Laue sur la théorie de la relativité est à l'heure actuelle trop connu pour que nous en donnions ici l'analyse. Nous nous bornerons à signaler l'apparition du 1er volume de la 3me édition de cet ouvrage. Cette édition se distingue des précédentes par l'adjonction d'un paragraphe concernant le rapport entre le point de vue d'Einstein et les idées de C. Neumann et de L. Lange concernant le principe de relativité restreinte. L'ouvrage rend compte également de quelques expériences, dont la publication était postérieure à l'apparition de la seconde édition.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

FÉVRIER 1919

Le 1, neige de 7 h. 45 à 10 h.
 5, neige à 15 h. 30, de 16 h. 20 à 20 h., pluie et neige de 20 à 22 h. 30 et dans la nuit, haut. de la neige 4 cm.
 6, petites pluies dans la journée, arc-en-ciel à 13 h. 30.
 7, petite pluie de 7 h. 30 à 11 h. et de 14 à 16 h., neige de 19 à 21 h. et dans la nuit, haut. de la neige 2 cm.
les 8 et 9. violente bise toute la journée.
le 12, léger givre le matin.
 13, brouillard à 10 h.
 14, brouillard de 7 h. 30 à 11 h., petite pluie dans la nuit.
 15, pluie de 21 à 22 h. 30 et dans la nuit.
 16, pluie de 7 h. 30 à 15 h., de 17 à 22 h. 30 et dans la nuit.
 17, pluie et brouillard de 7 h. 30 à 20 h., pluie dans la nuit.
 18, petite pluie de 13 à 14 h.
 19, pluie dans la nuit.
 20, pluie de 7 h. 30 à 20 h. et dans la nuit.
 21, halo solaire à 16 h. 30, pluie dans la nuit.
 22, pluie de 7 h. 30 à 10 h. et dans la nuit.
 23, pluie de 7 h. 30 à 12 h., de 17 à 19 h. et dans la nuit.
 24, pluie de 7 h. 30 à 9 h. et dans la nuit.
 25, pluie de 10 à 11 h. et dans la nuit.
 26, pluie de 14 h. 40 à 15 h. 50, de 18 à 20 h. et dans la nuit.
 27, neige de 19 h. 20 à 20 h. 30 et dans la nuit.

Hauteur de la neige : 6 cm tombés en 2 jours.
Neige sur le sol : du 6 au 8.

GENÈVE — FÉVRIER 1919

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 8 obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 ½	13 ½	21 ½	Dominant	V. moy. km/h.	Nébulosité 7 ½	13 ½	21 ½	Moy. 6 obs.	Durée d'inso-lation	Pluie Hauteur 24 h.	Nomb. d'heur.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm										h.	mm	
1	24.9	23.5	23.7	24.20	− 3.25	23.0	25.0	SE 1	NNE 1	SW 1	NNE 1	4.4	10	9	9	8	0.0	....	....
2	23.6	21.9	21.5	22.49	− 4.92	21.1	24.0	NNE 1	NNE 1	NNE 1	NNE 1	11.0	10	10	10	10	0.0	....	....
3	22.2	22.6	24.5	22.84	− 4.52	21.4	24.7	NNE 1	NNE 1	NNE 1	NNE 1	12.7	10	10	10	10	0.0	....	....
4	25.6	25.4	24.7	25.20	− 2.11	24.1	26.4	N 2	NNE 1	NE 1	NNE 1	12.0	10	1	10	6	**6.5**	....	....
5	23.0	21.0	15.8	20.75	− 6.51	15.5	24.1	SE 0	SSE 0	W 1	var.	2.7	9	10	10	9	0.5	15.6	12
6	19.4	22.9	25.3	21.88	− 5.33	16.9	25.9	SSW 1	SSW 1	W 0	SSW 1	7.2	5	9	10	9	1.2	1.6	3
7	22.1	21.1	25.8	22.94	− 4.22	20.9	28.0	SSW 1	SSW 1	NNE 3	NNE 2	20.1	10	8	10	9	2.0	5.0	11
8	31.0	31.9	34.4	31.75	+ 4.64	28.0	34.9	NNE 3	NNE 3	NNE 4	NNE 3	**40.4**	10	9	10	9	0.5	....	....
9	35.4	35.3	35 5	**35.33**	+ 8.28	34.7	**36.5**	NNE 3	NNE 1	NNE 1	NNE 2	27.8	9	9	9	7	3.7	....	...
10	34.6	34.3	34.2	34.48	+ 7.48	33.3	35.6	NNE 1	NNE 1	NNE 1	NNE 1	8.8	9	4	9	5	4.2	....	....
11	33.8	33.4	33.5	33.62	+ 6.68	32.5	34.6	NNE 1	NW 0	NNW 0	NNE 1	3.8	9	1	0	3	5.3	....	....
12	33.4	32.7	31.3	32.57	+ 5.69	31.1	33.8	NNW 0	NNW 0	SW 1	SW 1	2.5	10	10	0	5	1.2	....	....
13	30.1	28.5	27.3	29.04	+ 2.22	26.6	31.3	SW 0	SW 1	SW 0	SW 1	2.3	10	9	1	5	2.9	....	....
14	24.5	23.2	21.2	23.45	− 3.31	20.2	26.6	SW 1	SW 1	NW 0	SW 1	2.8	10	9	9	10	0.7	0.5	1
15	18.1	16.5	15.6	17.43	− 9.27	15.2	20.3	SW 0	SSW 1	NW 0	SW 1	4.2	7	9	10	8	3.4	5.1	7
16	14.7	14.0	12.6	14.01	−12.63	12.3	15.2	SW 1	NNW 1	NW 0	var.	3.1	10	10	10	10	0.0	9.2	**18**
17	8.3	8.3	10.5	**9.43**	**−17.15**	**8.0**	12.3	NW 0	NW 1	SW 2	NW 1	8.5	10	10	9	10	0.0	**19.6**	**18**
18	10.3	12.0	17.1	12.97	−13.55	10.1	18.3	SSW 2	SSW 2	SSW 2	SSW 2	20.8	8	9	10	9	0.0	0.2	1
19	18.6	16.3	13.7	16 68	− 9.78	13.1	18.9	S 1	NNW 1	NNE 1	NNE 1	8.1	9	3	9	7	6.4	3.1	5
20	12.9	14.1	17.1	14.37	−12.02	12.8	18.9	NNE 0	NNE 0	SW 1	var.	2.1	10	10	10	10	0.0	10.1	15
21	21.9	22.6	20.6	21.38	− 4.95	18.9	23.5	SSW 0	SSW 1	SW 1	SSW 1	8.0	2	2	9	5	5.5	6.9	7
22	19.6	19.9	18.9	19.82	− 6.45	18.6	21 6	W 0	SW 2	SW 1	SSW 1	11.8	10	9	2	6	3.1	2.9	5
23	14 9	13.2	16.4	15.15	−11.05	12.8	18.9	SW 1	SW 2	SW 2	SW 2	14.4	10	8	10	10	0.7	15.3	12
24	19.6	20.1	19.2	19.58	− 6.56	18.6	20.6	W 0	SW 2	SE 0	SW 1	6.5	10	9	1	5	5.0	4.6	4
25	19.8	19.9	21.6	20.05	− 6.03	18.5	22.8	SW 0	SW 2	SW 3	SW 2	17.7	9	7	7	7	1.7	1.5	2
26	23.1	22.0	21.7	22.46	− 3.55	20.8	23.2	SW 1	SSW 2	SW 1	SW 1	9.8	5	9	0	7	1.8	2.8	3
27	20.8	22.1	23.9	21.86	− 4.09	19.7	24.8	SSW 1	SW 2	SSW 1	SSW 2	16.1	8	4	1	8	2.7	1.5	3
28	25.1	26.2	28.0	26.06	+ 0.17	24.7	28.1	SW 1	SSW 1	SE 0	SW 1	4.8	10	8	0	5	4.4	....	....
Mois	22.55	22.32	22.70	22.56	− 4.28							10.51	8.9	7.7	7.0	7.6	63.4	105.5	127

Jour du mois	Température							Fraction de saturation en 0/0							Tempér. du Rhône		Limnimètre
	7 1/2	13 1/2	21 1/2	Moyenne 8 obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	7 1/2	13 1/2	21 1/2	Moyenne 8 obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	Midi	Ecart av. la norm.	
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm
1	-1.5	0.6	-0.8	-0.79	- 1.24	- 3.0	1.0	88	72	94	83	- 1	67	96	5.0	+0.2	1545
2	-1.2	-0.4	-0.9	-0.81	- 1.32	- 1.8	0.3	92	70	67	81	- 3	65	95	—	—	1525
3	-1.6	-0.9	-0.6	-1.18	- 1.76	- 2.3	-0.6	88	86	66	77	- 7	62	91	5.0	+0.2	1505
4	0.1	1.8	0.7	0.63	- 0.02	- 1.2	2.3	65	70	65	**66**	**-18**	60	75	5.0	+0.2	1500
5	-6.0	0.8	1.6	-1.20	- 1.92	- 6.8	5.5	74	72	94	78	- 6	65	96	5.1	+0.3	1470
6	6.6	8.6	4.8	6.75	+ 5.95	4.0	9.0	82	58	87	77	- 7	56	91	5.2	+0.4	1465
7	3.4	9.9	-1.7	4.34	+ 3.47	- 3.0	10.3	93	64	81	84	0	60	98	5.2	+0.4	1475
8	-7.0	-6.4	-6.7	-6.06	- 7.01	- 9.0	-2.2	68	63	73	72	-11	58	85	5.2	+0.4	1470
9	-9.0	-7.0	-6.0	**-7.49**	**- 8.52**	-10.0	-6.0	75	68	74	74	- 9	62	84	—	—	1475
10	-7.4	-5.0	-6.0	-6.36	- 7.47	- 8.2	-4.5	76	76	74	78	- 5	67	90	3.8	-1.1	1515
11	-9.2	-4.0	-6.2	-6.70	- 7.90	**-11.5**	-2.6	91	80	90	89	+ 6	75	94	3.6	-1.3	1505
12	-6.4	-3.7	-7.2	-6.40	- 7.68	-10.0	-3.2	90	89	94	92	+ 9	84	97	4.2	-0.7	1465
13	-6.3	-1.0	-3.6	-4.06	- 5.43	- 8.2	0.5	96	85	95	92	+10	80	96	4.3	-0.6	1445
14	-6.8	-0.8	0.3	-2.87	- 4.33	- 7.5	1.6	96	92	89	91	+ 9	80	99	4.3	-0.6	1445
15	1.8	9.6	5.3	5.07	+ 3.52	0.6	10.8	89	56	70	76	- 6	55	94	4.8	-0.2	1425
16	2.8	4.8	4.8	4.10	+ 2.46	2.3	5.6	99	97	100	**98**	**+16**	94	100	—	—	1435
17	3.4	5.2	8.8	5.09	+ 3.35	2.9	10.4	100	100	79	97	+15	68	100	5.0	0.0	1475
18	8.0	6.6	4.9	6.87	+ 5.04	4.4	10.5	58	75	76	67	-14	45	78	4.8	-0.2	1435
19	3.2	8.0	5.2	5.40	+ 3.47	3.0	10.8	83	64	80	75	- 6	58	87	4.8	-0.3	1435
20	3.6	6.2	5.9	4.96	+ 2.93	3.0	7.1	97	97	98	95	+14	83	99	4.8	-0.3	1420
21	4.4	12.8	10.0	8.70	+ 6.57	3.5	**13.2**	95	48	64	76	- 5	44	98	4.8	-0.3	1430
22	6.3	11.0	10.5	8.95	+ 6.72	6.0	13.0	91	63	63	70	-10	60	94	4.7	-0.5	1415
23	7.6	11.6	8.5	**9.30**	**+ 6.97**	6.0	12.7	84	78	77	78	- 2	68	97	—	—	1445
24	4.8	9.7	6.9	7.56	+ 5.12	4.2	11.8	97	79	83	80	0	55	98	4.9	-0.3	1475
25	5.6	10.2	7.5	7.57	+ 5.03	4.0	11.3	83	60	75	73	- 7	50	93	5.0	-0.3	1455
26	5.2	9.7	3.0	6.20	+ 3.55	1.8	10.2	66	41	90	67	-13	**37**	95	5.0	-0.3	1475
27	3.8	6.6	1.3	3.68	+ 0.92	0.2	7.2	67	60	95	76	- 3	55	95	4.9	-0.4	1435
28	0.5	4.0	0.2	1.88	- 0.99	- 0.3	4.9	96	67	87	79	0	53	97	4.8	-0.6	1450
Mois	0.31	3.87	1.80	1.90	+ 0.30	-1.32	5.39	85	72	81	80	- 2			4.76	-0.20	1465

MOYENNES DE GENÈVE — FÉVRIER 1919

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700 +

Heure	1 ½	4 ½	7 ½	10 ½	13 ½	16 ½	19 ½	22 ½	Moyenne
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	25.95	25.90	26.17	26.58	25.98	25 87	26 33	26.70	26.19
2e »	21.53	21.06	20.47	20.57	19.91	19.42	19.83	20.06	20.36
3e »	20.68	20.46	20.60	21.06	20.76	20.40	20 88	21.52	20.79
Mois	22.86	22.62	22.55	22.86	22.32	22.00	22.45	22.85	22.56

Température

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	−1.66	−2.05	−2.36	−1.19	0.20	0.22	−1 40	−1 50	−1.22
2e »	−0.72	−1.14	−0.59	1.36	3.09	3.43	2.06	1.68	1.15
3e »	5.70	5.20	4.78	6.62	9.45	9.19	7.04	5.86	6.73
Mois	0 78	0 35	0.31	1.95	3.87	3.93	2.24	1.74	1.90

Fraction de saturation en %

1re déc.	80	80	80	78	70	72	78	78	77
2e »	88	91	90	87	83	83	88	87	87
3e »	80	80	85	78	62	62	73	77	75
Mois	83	84	85	81	72	73	80	82	80

Dans ce mois l'air a été calme 244 fois sur 1000

Le rapport des vents $\frac{NNE}{SSW} = \frac{67}{82} = 0.82$

Moyennes des 3 observations (7 ½, 13 ½, 21 ½)

	mm
Pression atmosphérique. . . .	22.52
Nébulosité	7.9
Temp. $\frac{7\frac{1}{2} + 13\frac{1}{2} + 21\frac{1}{2}}{3}$ . . .	1°.99
Temp. $\frac{7\frac{1}{2} + 13\frac{1}{2} + 2 \times 21\frac{1}{2}}{4}$.	1°.95
Fraction de saturation.	79 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

		mm
Press. atmosphérique .	(1836-1875)	26.84
Nébulosité	(1847-1875)	6.7
Hauteur de pluie . .	(1826-1875)	36.5
Nombre de jours de pluie	»	8
Temp. moyenne. . .	»	1°.60
Fract. de saturation	(1849-1875)	82 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	Céligny	Collex	Chambésy	Châtelaine	Satigny	Athenaz	Compesières
Hauteur d'eau en mm	181.1	158.9	136.3	122.4	157.2	124.9	95.8

Station	Veyrier	Observatoire	Cologny	Puplinge	Jussy	Hermance
Hauteur d'eau en mm	97.7	105 5	104.6	90.4	108.0	136.7

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS DE

FÉVRIER 1919

Les 6, 7, 17, 20 et 28, brouillard une partie de la journée.
le 6, violente bise.
le 22, vent très fort.

GRAND SAINT-BERNARD — FÉVRIER 1919

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 3 obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 ½	13 ½	21 ½	Dominant	Nébulosité 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 3 obs.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm								
1	57.4	57.0	56.2	56.9	− 3.5	56.0	58.2	SW 1	SW 1	SW 1	SW 1	10	10	0	7
2	55.0	54.5	54.1	54.5	− 5.9	53.9	56 0	NE 1	NE 1	NE 1	NE 1	2	0	0	1
3	53.6	54.2	55.0	54.3	− 6.1	53.6	55.1	NE 0	NE 0	SW 1	SW 1	0	0	0	0
4	55.3	56.6	57.1	56.3	− 4.0	55.1	57.3	NE 1	NE 1	NE 1	NE 1	0	0	0	0
5	56.2	56.7	54.2	55.7	− 4.6	53.6	57.1	NE 1	SW 1	SW 1	SW 1	1	10	10	7
6	53.7	55.8	59.9	56.5	− 3.8	53.6	60.1	NE 5	NE 5	NE 1	NE 4	10	10	10	10
7	57.8	57.5	56.6	56.3	− 3.9	56.3	59.9	NE 1	NE 1	NE 1	NE 1	10	10	10	10
8	57.3	58.5	60.0	58.6	− 1.6	56.9	60.1	NE 1	NE 1	NE 1	NE 1	1	2	0	1
9	60 0	60.7	61.0	60 6	+ 0.4	59.8	61.2	NE 1	NE 1	NE 1	NE 1	0	0	0	0
10	61.5	61.6	63.0	62.0	+ 1.9	61.2	63.4	NE 0	SW 1	SW 1	SW 1	0	0	0	0
11	64.0	64.6	65.1	64.6	+ 4.5	63.4	**65.5**	SW 1	SW 1	SW 1	SW 1	1	0	0	0
12	64.7	64.7	64.6	**64.7**	**+ 4.6**	64.4	65.4	SW 0	SW 1	SW 2	SW 1	6	0	0	2
13	63.8	62.8	62.3	63.0	+ 3.0	62.0	64.8	SW 0	SW 1	SW 1	SW 1	0	2	1	1
14	60.3	57.7	57.3	58.4	− 1.6	56.8	62.0	SW 1	SW 1	SW 1	SW 1	0	3	10	4
15	56.2	55.2	54.1	55.2	− 4.8	53.5	56.8	SW 0	SW 1	SW 1	SW 1	2	7	10	6
16	53.8	54.4	53.6	53.9	− 6 1	53.3	54.5	NE 0	NE 1	NE 1	NE 1	10	10	10	10
17	51.9	49.6	51.1	**50.9**	**− 9.0**	**49.3**	53.6	SW 1	SW 1	SW 1	SW 1	10	10	10	10
18	50.7	50.4	52.8	51.3	− 8.6	50 1	53.4	SW 1	SW 1	NE 2	SW 1	9	8	10	9
19	53.7	54.9	55.0	54.5	− 5.4	53.4	55.2	NE 2	NE 1	SW 1	NE 1	0	8	0	3
20	54.0	54.2	56.2	54.8	− 5.1	54.0	57.0	SW 1	SW 2	SW 2	SW 2	10	10	10	10
21	58.8	60.0	60.6	59.8	0.0	57.0	60.8	SW 1	SW 1	SW 1	SW 1	9	1	3	4
22	58.9	58.1	58.3	58.4	− 1.4	58.0	60.3	SW 4	SW 0	NE 1	SW 2	10	10	1	7
23	54.8	53.4	53.6	53.9	− 5.9	53.1	57 9	SW 1	SW 2	NE 1	SW 1	10	10	10	10
24	56.0	57.2	57.4	56.9	− 2.9	55.8	57.5	NE 1	NE 1	NE 1	NE 1	10	9	0	6
25	56.4	57.0	58.1	57.2	− 2.5	56.0	58.3	SW 0	NE 1	NE 1	NE 1	5	10	1	5
26	58.0	58.1	57.0	57.7	− 2.0	56.7	58.3	SW 0	SW 1	NE 1	var.	1	2	10	4
27	55.7	55.7	57.1	56.2	− 3 5	55.5	57 4	NE 0	NE 0	NE 1	NE 1	5	9	10	8
28	57.0	57.6	59.5	58.0	− 1.7	57.0	60 0	NE 0	NE 1	NE 1	NE 1	9	10	1	7
Mois	57.02	57.09	57.53	57.21	− 3.03							5.0	5.7	4.5	5.1

GRAND SAINT-BERNARD — FÉVRIER 1919

Jour du mois	Température							Fraction de saturation en %						Pluie et Neige			
	7 1/2	13 1/2	21 1/2	Moyenne 3 obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	7 1/2	13 1/2	21 1/2	Moyenne 3 obs.	Min.	Max.	Ancien Pluie	pluv. Neige	Nouv. Pluie	pluv. Neige
	°	°	°	°	°	°	°							mm	cm	mm	cm
1	−13.2	−12.0	−14.0	−13.1	− 4.0	−15.5	−11 0	95	94	92	94	87	97	1.0	2	1.7	5
2	−14.6	−11.4	−12.8	−12.9	− 3.8	−18.0	−10.5	94	74	64	77	61	96	....	....	....	....
3	−12.8	−10.8	−15.2	−12.9	− 3.9	−16.0	−10.5	74	61	85	73	56	91	...	....	....	....
4	−16.0	−11.4	−12.8	−13.4	− 4.4	−17.1	−10.0	80	67	64	70	40	87	....	....	....	....
5	− 9.7	− 5.2	− 9.2	− 8.0	+ 1.0	−14.0	− 4.0	40	47	99	62	34	100	9.5	14	17.8	23
6	− 8.2	− 6.2	− 7.7	− 7.4	+ 1.6	− 9.5	− 5.5	99	99	96	**98**	94	100	12.0	14	29.4	23
7	− 5.0	− 4.2	− 7.8	− 5.7	+ 3.3	− 8.5	− 4 0	96	90	96	94	88	97	13.0	15	20.2	24
8	−15.1	−13.6	−19.0	−15.9	− 6.9	−20.1	− 9.2	90	86	89	88	80	95	....	....	.. .	....
9	−21.2	−17.2	−20.4	**−19.6**	**−10.6**	**−23.0**	−15.8	71	50	58	60	44	83	....	....	.. .	....
10	−19.2	−15.4	−14.4	−16.3	− 7.3	−22.1	−14.0	48	56	45	50	33	72	....	....	....	....
11	−15.0	−11.2	−10.2	−12.1	− 3.2	−17.5	− 6.8	30	29	24	28	14	38	....	....	....	....
12	− 9.8	− 5.2	− 7.2	− 7.4	+ 1.5	−12.0	− 4.8	22	18	22	**21**	**11**	28	....	....	....	....
13	−10.2	− 6.4	−10.0	− 8.9	0.0	−10.6	− 5.7	22	35	65	41	17	68	....	....	....	....
14	−11.6	− 7.8	− 7.8	− 9.1	− 0.3	−12.0	− 6 9	82	80	95	86	68	96	....	....	....	....
15	− 7.8	− 2.0	− 7.2	− 5.7	− 3.1	− 9.0	− 1.0	77	56	100	77	53	100	7.3	10	10.8	17
16	− 3.6	1.6	− 2.8	**− 1.6**	**+ 7.2**	− 8.0	**2.5**	100	88	100	96	84	100	5.0	5	5.4	5
17	− 6.2	− 3.6	− 3.8	− 4.5	+ 4.3	− 7.0	− 2.8	90	95	98	94	84	99	9.0	13	11.7	17
18	− 9.2	− 4.0	− 7.2	− 6.8	+ 1.9	−10.2	− 1.8	85	66	95	82	58	99	4.8	7	7.0	10
19	− 7.0	− 5.6	− 6.2	− 6.3	+ 2.4	− 8.5	− 4.7	100	40	100	80	36	100	9.0	10	14.3	18
20	− 7.2	− 4.2	− 5.6	− 5.7	+ 2.9	− 7.7	− 2.0	100	90	91	94	90	100	7.0	8	8.4	10
21	− 6.0	− 0.8	− 5.2	− 4.0	+ 4.6	− 6.8	− 0.3	97	87	86	90	76	99	9.0	10	12.4	18
22	− 6.8	− 5.4	− 4.0	− 5.4	+ 3.2	− 7.5	− 2.3	96	96	76	89	69	100	4.8	9	6.5	11
23	− 7.2	− 3.2	− 7.6	− 6.0	+ 2.5	− 8.0	− 2.5	89	84	85	86	65	91	**20.5**	**20**	**32.5**	**36**
24	− 7.8	− 3.6	− 7.6	− 6.3	+ 2.2	− 8.5	− 1.8	95	88	66	83	45	96	1.0	1	1.7	1
25	−11.2	− 6.8	− 8.8	− 8.9	− 0.5	−12.5	− 5.3	90	49	79	73	41	90	2.0	3	3.0	5
26	−11.2	− 7.0	−11.8	−10.0	− 1.6	−12.2	− 6.0	85	33	80	66	30	87	1.5	3	3.3	4
27	−13.6	−10 6	−15.2	−13.1	− 4.8	−16.0	− 9 7	82	66	89	79	58	91	4.8	11	9.9	22
28	− 6.4	− 4.8	− 8.0	− 6.4	+ 1.9	− 8.5	− 3.8	90	75	98	88	60	98	2.8	4	5.9	9
Mois	−10.46	−7.07	−9.62	−9.05	−0.44	−12.37	−5.72	79	68	80	76			124.0	159	201.9	258

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD — FÉVRIER 1919

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — 0mm.22. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500mm + / Fraction de saturation en %

Heure	7 ½ mm	13 ½ mm	21 ½ mm	Moyenne mm	7 ½	13 ½	21 ½	Moy.
1re décade	56.78	57 31	57.71	57.27	79	72	79	77
2e »	57.31	56.85	57 21	57.12	71	60	79	70
3e »	56.95	57.14	57.70	57.26	91	72	82	82
Mois	57.02	57.09	57.53	57.21	79	68	80	76

Température

Heure	7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne $\frac{7½ + 13½ + 21½}{3}$	Moyenne $\frac{7½ + 13½ + 2 \times 21½}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	−13 50	−10 74	−13.33	−12.52	−12.72
2e »	− 8.76	− 4.84	− 6.80	− 6.80	− 6.80
3e »	− 8 78	− 5.27	− 8.53	− 7.53	− 7.78
Mois	−10.46	− 7.07	− 9 62	− 9 05	− 9 19

Dans ce mois l'air a été calme 155 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{45}{43} = 1.05$

Pluie et neige dans le Val d'Entremont

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	Grand St-Bernard Anc. P.	Grand St-Bernard Nouv. P.
Eau en mm . .	114.6	95 5	47.3	124.0	201 9
Neige en cm . .	14	40	44	159	258

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

MARS 1919

Le 1, forte gelée blanche le matin, neige de 19 h. 15 à 22 h. 30 et dans la nuit.
2, pluie de 7 h. 30 à 8 h. 15 et de 19 à 20 h.
4, petite pluie de 18 h. 20 à 22 h. 30 et dans la nuit.
5, pluie de 20 à 22 h. 30 et dans la nuit.
9, halo et couronne lunaire à 17 h. 30.
11, gelée blanche le matin.
12, gelée blanche le matin, pluie dans la nuit.
14, gelée blanche le matin.
15, très forte bise depuis 13 h.
les 16 et 17, très forte bise toute la journée.
le 17, neige dans la nuit.
19, forte bise de 7 h. 30 à 16 h., couronne et halo lunaire à 22 h. 30, neige dans la nuit, hauteur 1 cm.
20, neige de 7 h. 30 à 10 h. 40 et dans la nuit, hauteur 6 cm.
21, neige de 7 h. 30, à 11 h. 10, pluie et neige de 3 h. 50 à 5 h. 20 et dans la nuit.
22, pluie et neige de 7 h. 30 à 10 h.
23, légère gelée blanche le matin, pluie et neige de 18 à 22 h. 30 et dans la nuit.
24, vent très fort de 13 à 17 h.
25, pluie de 14 h. 10 à 15 h., de 18 à 22 h. et dans la nuit.
26, pluie à 13 h. 50, de 16 à 22 h. 30 et dans la nuit.
27, petite pluie dans la nuit.
28, neige de 9 à 11 h. et dans la nuit.
29, pluie de 14 à 22 h. 30 et dans la nuit, vent très fort depuis 17 h.
30, pluie de 8 à 16 h. et de 17 à 20 h.,vent très fort de 7 h. 30 à 15 h.
31, neige de 12 h. 30 à 22 h. 30 et dans la nuit, hauteur 32 cm.

Hauteur totale de la neige : 39 cm tombés en 3 jours.

GENÈVE — MARS 1919

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 8 obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 ½	13 ½	21 ½	Dominant	V. moy. km/h.	Nébulosité 7 ½	13 ½	21 ½	Moy. 6 obs.	Durée d'inso-lation	Pluie Hauteur 24 h.	Nomb. d'heur.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm										h.	mm	
1	26.7	26.3	26.8	26.55	+ 0.72	25.4	27.4	E 0	NNE 1	W 0	calme	1.5	2	7	10	8	3.8	3.0	6
2	27.5	28.2	28.4	27.92	+ 2.16	27.1	29.0	W 0	SW 1	SW 0	calme	1.7	9	9	0	7	4.3	1.3	2
3	29.7	29.5	30.0	29.71	+ 4.01	29.0	30.4	SSW 0	SW 1	SW 1	SW 1	5.9	9	9	10	9	1.7	....	....
4	28.7	28.6	29.1	28.93	+ 3.29	28.1	30.1	SW 1	SSW 1	SSW 0	SSW 1	6.3	9	9	10	9	1.1	3.6	5
5	28.1	27.1	25.3	27.34	+ 1.76	25.1	29.8	SW 1	SSW 2	W 1	SSW 1	7.2	9	9	10	9	0.0	8.8	5
6	25.1	24.4	26.9	25.52	− 0.01	24.2	27.5	NNW 0	SSW 2	SW 1	SSW 1	8.6	7	8	9	9	4.1	....	....
7	29.0	28.8	26.7	28.09	+ 2.62	26.3	29.8	NNE 0	NNE 1	NNE 0	NNE 1	5.2	6	2	0	2	8.6	....	....
8	24.5	22.7	24.3	24.11	− 1.30	21.9	26.3	NNE 1	SSW 2	SW 2	SW 1	6.2	4	7	9	8	6.6	....	....
9	25.6	25.8	27.6	26.00	+ 0.64	25.0	28.5	W 0	NNE 0	NNE 0	calme	1.3	1	2	9	5	7.3	....	....
10	29.4	30.2	31.0	29.94	+ 4.64	28.5	31.5	NNE 0	NNW 1	NNE 0	NNE 1	2.5	9	2	0	4	5.4	....	....
11	30.4	28.3	25.5	28.53	+ 3.28	24.7	31.4	NNE 0	NNE 1	NNE 1	NNE 1	3.1	0	0	0	0	10.3	....	....
12	23.5	21.9	24.4	23.35	− 1.85	21.2	25.8	N 0	N 1	SW 1	var.	6.3	0	7	9	6	7.7	3.5	5
13	27.5	27.7	26.1	27.08	+ 1.93	25.0	28.4	SE 0	E 1	NNE 1	NNE 1	3.6	10	9	9	9	1.3	....	....
14	22.3	22.1	25.3	23.45	− 1.65	22.0	26.0	SW 1	NNE 2	NNE 1	NNE 1	11.8	3	4	10	6	5.8	....	....
15	26.3	26.2	27.1	26.35	+ 1.30	25.7	27.3	NNE 1	NNE 2	NNE 3	NNE 2	19.5	10	9	9	9	0.0	....	....
16	27.3	28.2	30.7	28.46	+ 3.45	26.7	31.1	NNE 3	NNE 3	NNE 3	NNE 3	**37.8**	9	9	9	9	0.5	....	....
17	31.5	32.6	32.8	**32.16**	**+ 7.20**	31.0	**33.8**	NNE 3	NNE 3	SE 1	NNE 2	23.2	8	8	3	6	8.2	0.1	2
18	30.0	29.6	28.8	29.80	+ 4.88	28.5	31.9	NNW 1	NNE 1	NW 1	NNE 1	6.3	9	9	10	8	3.8	....	....
19	26.1	25.2	22.4	25.00	+ 0.12	21.2	28.5	NNE 2	NNE 2	SE 1	SSW 1	12.0	0	1	0	1	**10.4**	1.3	3
20	18.4	19.5	16.7	18.55	− 6.29	15.6	21.2	NW 0	SW 2	NNE 1	SSW 1	4.4	10	9	2	9	0.8	10.6	7
21	11.9	5.5	5.9	**9.11**	**−15.70**	**4.5**	15.6	NNE 1	SW 0	SSW 2	SSW 1	9.2	10	10	9	9	0.0	9.2	10
22	12.5	17.2	20.4	15.29	− 9.48	6.8	20.5	SW 2	SW 2	SSW 1	SW 2	25.8	10	9	10	9	0.0	0.3	3
23	19.6	17.0	15.1	17.61	− 7.13	14.8	20.4	W 1	NNE 1	N 0	NNE 1	3.8	7	0	10	6	3.9	14.2	10
24	16.7	17.5	17.8	16.82	− 7.89	15.4	18.4	NNE 0	SSW 2	SE 0	SSW 1	7.0	8	1	0	3	9.6	....	....
25	18.4	17.6	17.3	17.87	− 6.81	16.9	18.8	S 0	NNE 1	SSW 1	calme	1.3	9	9	10	9	0.7	7.0	9
26	19.1	19.6	23.0	19.95	− 4.70	17.1	23.3	SW 1	SW 1	SW 1	SW 1	9.0	9	9	10	9	6.4	7.0	10
27	22.4	21.3	19.5	21.48	− 3.15	18.2	23.6	NNW 0	W 1	SW 1	SW 1	8.1	9	9	10	9	3.1	1.0	2
28	19.2	20.9	24.4	20.81	− 3.79	17.8	24.9	SSE 1	W 1	SW 1	SSE 1	7.0	7	8	1	7	5.2	2.2	3
29	24.2	21.0	18.7	21.87	− 2.71	18.1	24.8	NW 1	SW 1	SSW 3	SSW 2	19.5	0	10	10	8	0.9	28.8	16
30	14.8	13.5	22.0	17.05	− 7.53	13.4	23.2	SW 3	SW 3	SSW 1	SW 3	28.2	10	10	10	10	0.0	11.4	11
31	21.4	19.3	17.2	19.95	− 4.60	17.0	23.3	SSW 1	N 1	SE 0	var.	2.5	8	10	10	9	0.0	**33.5**	**19**
Mois	23.81	23.33	23.78	23.70	− 1.33							9.54	6.8	6.9	7.0	7.1	121.5	146.8	128

GENEVE — MARS 1919

Jour du mois	Température 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 8 obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	Fraction de saturation en 0/0 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 8 obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	Tempér. du Rhône Midi	Ecart av. la norm.	Limnimètre
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm
1	−4.0	2.5	0.6	**−0.14**	− 3.12	**− 4.6**	3.7	93	57	96	78	− 1	47	98	4.8	−0.6	1355
2	1.2	9.8	7.8	5.46	+ 2.37	0.0	11.6	95	66	83	84	+ 5	61	98	—	—	1285
3	5.6	13.6	11.0	9.20	+ 6.00	4.0	14.3	87	53	70	75	− 3	52	93	4.9	−0.6	1320
4	9.2	14.1	11.2	**11.21**	**+ 7.89**	8.5	14.8	79	58	72	75	− 3	56	90	5.2	−0.3	1320
5	9.4	11.7	9.1	10.34	+ 6.91	8.8	12.8	86	71	85	81	+ 3	62	96	5.2	−0.4	1310
6	8.4	14.2	7.7	10.01	+ 6.46	6.5	14.7	81	44	76	67	−11	41	88	5.2	−0.4	1245
7	4.0	7.5	4.0	5.51	+ 1.85	2.8	8.8	84	51	78	69	− 8	45	90	5.3	−0.4	1225
8	−0.1	10.6	5.7	4.83	+ 1.05	− 1.0	11.4	92	44	70	70	− 7	**31**	93	5.4	−0.3	1230
9	2.8	10.2	7.3	6.63	+ 2.73	2.2	12.9	86	58	65	70	− 7	55	87	—	—	1155
10	6.3	12.0	6.8	8.61	+ 4.59	5.5	13.8	80	53	85	71	− 6	45	88	5.5	−0.3	1155
11	1.6	9.0	7.0	6.25	+ 2.11	0.8	10.0	93	54	75	77	+ 1	50	93	5.6	−0.3	1140
12	2.8	10.3	7.5	7.31	+ 3.05	2.2	**15.7**	90	61	65	71	− 5	38	94	5.7	−0.2	1130
13	4.4	7.2	4.6	5.70	+ 1.32	3.8	8.8	90	60	65	70	− 6	42	92	5.8	−0.2	1105
14	−0.2	6.6	5.1	3.78	− 0.73	− 1.2	7.2	85	62	69	72	− 4	57	86	5.8	−0.2	1065
15	4.1	4.8	4.2	4.45	− 0.18	3.5	5.2	77	74	75	73	− 2	65	80	5.8	−0.3	1055
16	2.7	5.2	3.1	3.84	− 0.91	1.7	5.7	81	51	71	68	− 7	48	83	—	—	1015
17	3.2	5.8	3.3	4.07	− 0.81	2.0	6.6	70	44	50	**58**	**−17**	33	77	5.8	−0.4	1015
18	1.2	2.9	2.3	2.01	− 2.99	0.0	4.4	78	69	72	74	− 1	60	85	5.8	−0.5	1010
19	0.8	4.2	1.9	2.23	− 2.90	− 0.4	5.3	60	44	61	60	−14	37	80	5.8	−0.5	985
20	−0.6	5.8	4.5	2.70	− 2.56	− 1.2	7.7	96	70	76	78	+ 4	62	97	6.0	−0.4	955
21	0.8	2.2	2.2	2.25	− 3.13	− 0.2	4.3	98	96	78	**92**	**+18**	76	100	6.0	−0.5	955
22	2.6	6.0	3.4	3.25	− 2.26	1.3	6.0	81	65	73	76	+ 2	62	85	6.1	−0.4	935
23	0.0	5.5	2.6	3.16	− 2.48	− 0.3	6.5	97	62	95	78	+ 5	51	98	—	—	885
24	4.0	13.6	9.5	7.17	+ 1.40	0.0	14.6	95	40	62	73	0	35	98	6.2	−0.5	905
25	3.2	8.4	6.5	6.59	+ 0.69	2.5	10.5	90	67	96	80	+ 7	62	97	6.0	−0.7	875
26	6.7	14.2	7.3	9.17	+ 3.14	5.0	15.3	85	52	85	78	+ 5	49	98	6.0	−0.8	890
27	6.1	8.8	6.5	7.53	+ 1.36	5.2	11.6	88	61	77	77	+ 4	58	95	6.3	−0.6	880
28	3.0	3.0	1.6	3.13	− 3.17	− 0.2	6.5	80	86	87	82	+10	60	97	6.3	−0.7	865
29	1.3	5.6	6.6	3.64	− 2.79	− 0.6	7.0	76	63	82	75	+ 3	42	95	6.1	−0.9	870
30	9.0	10.6	2.4	6.80	+ 0.24	2.0	11.0	71	72	79	76	+ 4	68	81	—	—	885
31	0.2	0.1	−0.1	0.21	**− 6.49**	− 1.2	3.2	81	99	100	85	+13	55	100	6.0	−1.2	925
Mois	3.22	7.94	5.26	5.39	+ 0.79	1.85	9.42	85	62	77	75	0			5.72	−0.40	1063

MOYENNES DE GENÈVE — MARS 1919

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700 +

Heure	1 ½	4 ½	7 ½	10 ½	13 ½	16 ½	19 ½	22 ½	Moyenne
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	27.74	27.40	27.44	27.69	27.15	26 72	27.32	27.81	27.41
2e »	27.16	26.43	26.32	26.63	26.13	25.49	26.02	26.00	26.27
3e »	18.45	18.39	18.22	18.17	17.30	17.22	17.75	18.38	17.98
Mois	24.29	23.89	23.81	23.97	23 33	22.95	23.50	23.88	23.70

Température

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	5.04	4.44	4.28	7.92	10.62	10.35	8 22	6.46	7.17
2e »	2.99	2.23	2.00	4.49	6.18	6.95	5.22	3.81	4.23
3e »	3.74	3.02	3.35	5.75	7.09	6.28	5.10	4.14	4 81
Mois	3.92	3 22	3.22	6.05	7.94	7.81	6.15	4.78	5.39

Fraction de saturation en %

1re déc.	84	86	86	71	55	56	71	82	74
2e »	78	82	82	68	59	55	64	71	70
3e »	86	88	86	72	69	70	77	86	79
Mois	83	85	85	71	62	61	71	80	75

Dans ce mois l'air a été calme 237 fois sur 1000

Le rapport des vents $\frac{NNE}{SSW} = \frac{90}{79} = 1.14$

Moyennes des 3 observations (7 ½, 13 ½, 21 ½)

	mm
Pression atmosphérique	23.64
Nébulosité	6.9
Temp. $\frac{7\frac{1}{2} + 13\frac{1}{2} + 21\frac{1}{2}}{3}$ . . .	5°.47
Temp. $\frac{7\frac{1}{2} + 13\frac{1}{2} + 2 \times 21\frac{1}{2}}{4}$.	5°.42
Fraction de saturation.	75 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

		mm
Press. atmosphérique .	(1836-1875)	25.03
Nébulosité	(1847-1875)	6.1
Hauteur de pluie . .	(1826-1875)	47.3
Nombre de jours de pluie	»	10
Temp. moyenne. . .	»	4°.60
Fract. de saturation	(1849-1875)	75 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	Céligny	Collex	Chambésy	Châtelaine	Satigny	Athenaz	Compesières
Hauteur d'eau en mm	188.1	179.8	151.7	150.4	187.3	147.7	134.1

Station	Veyrier	Observatoire	Cologny	Puplinge	Jussy	Hermance
Hauteur d'eau en mm	137.4	146.8	141.5	130.9	145.0	142.3

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS DE

MARS 1919

Les 1, 7, 12, 14, 17, 18, 22 et 25, brouillard une partie de la journée
les 13, 15 et 16, brouillard toute la journée.
les 1, 12, 20, 21, 26 et 31, vent très fort.
les 17, 18 et 28, très forte bise.

GRAND SAINT-BERNARD — MARS 1919

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 3 obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 ½	13 ½	21 ½	Dominant	Nébulosité 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 3 obs.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm								
1	59.0	60.0	60.4	59.8	+ 0.1	58.4	60.7	NE 0	SW 2	SW 3	SW 2	0	2	10	4
2	61.0	63.6	65.6	63.4	+ 3.7	60.7	65.9	NE 1	NE 1	NE 0	NE 1	5	1	0	2
3	65.7	67.1	67.6	66.8	+ 7.1	65.5	67.8	NE 0	SW 1	SW 2	SW 1	3	1	0	1
4	66.8	66.7	66.4	66.6	+ 6.9	66.1	67.6	SW 0	SW 0	SW 1	SW 1	10	9	10	10
5	65.2	63.5	63.3	64.0	+ 4.3	63.0	66.1	SW 1	SW 1	SW 0	SW 1	10	9	10	10
6	62.2	61.8	61.8	61.9	+ 2.2	61.3	63.0	SW 0	SW 0	NE 1	NE 1	7	9	10	9
7	61.8	62.5	62.5	62.3	+ 2.6	61.6	62.6	SW 1	SW 0	SW 1	SW 1	10	0	0	3
8	61.5	59.4	58.6	59.8	+ 0.1	58.4	62.4	SW 1	SW 1	SW 1	SW 1	2	2	10	5
9	59.3	60.5	62.3	60.7	+ 1.0	58.8	62.7	NE 1	NE 1	NE 1	NE 1	2	1	2	2
10	64.4	66.0	67.6	66.0	+ 6.3	62.7	67.8	NE 2	NE 1	NE 0	NE 1	3	0	0	1
11	67.8	67.4	65.8	**67.0**	**+ 7.3**	65.3	**68.1**	SW 0	SW 1	SW 2	SW 1	0	0	0	0
12	63.8	61.6	60.8	62.1	+ 2.4	60.6	65.3	SW 2	SW 4	SW 4	SW 3	10	10	10	10
13	60.0	60.8	59.7	60.2	+ 0.5	59.3	61.0	NE 0	.. 1	NE 0	NE 1	10	10	10	10
14	57.7	57.0	58.8	57.8	− 1.9	56.8	59.3	NE 0	NE 0	NE 1	NE 1	0	9	10	6
15	58.7	58.9	59.7	59.1	− 0.6	58.6	59.7	NE 1	NE 1	NE 1	NE 1	10	10	10	10
16	59.0	60.0	61.8	60.3	+ 0.6	59.0	62.0	NE 2	NE 1	NE 2	NE 2	10	10	10	10
17	62.0	63.2	62.7	62.6	+ 2.8	61.8	63.3	NE 2	NE 2	NE 3	NE 2	10	10	10	10
18	59.9	59.6	59.0	59.5	− 0.3	58.7	62.0	NE 3	NE 1	NE 3	NE 2	10	9	10	10
19	57.9	56.7	55.8	56.8	− 3.0	55.6	58.7	NE 2	NE 1	NE 2	NE 2	9	3	0	4
20	54.8	54.9	54.5	54.7	− 5.1	54.2	55.6	SW 2	SW 4	SW 4	SW. 3	10	10	10	10
21	51.2	48.1	44.8	**48.0**	**−11.9**	**44.6**	54.2	SW 4	SW 5	SW 2	SW 4	10	10	10	10
22	48.0	51.1	54.3	51.1	− 8.8	44.8	54.5	SW 0	NE 2	NE 1	NE 1	10	10	10	10
23	54.0	54.6	54.0	54.2	− 5.7	54.0	54.8	NE 0	SW 1	SW 3	SW 2	5	10	10	8
24	54.8	55.8	57.0	55.9	− 4.1	54.0	57.4	SW 2	SW 1	SW 1	SW 1	10	0	0	3
25	57.1	58.0	57.6	57.6	− 2.4	56.8	58.2	SW 2	SW 2	SW 2	SW 2	7	10	10	9
26	56.7	58.3	59.2	58.1	− 2.0	56.7	59.4	SW 0	SW 2	SW 4	SW 3	2	1	10	4
27	58.6	57.5	56.0	57.4	− 2.7	55.3	59.6	SW 0	SW 0	SW 1	SW 1	0	0	0	0
28	52.4	52.2	55.8	53.5	− 6.6	52.1	56.3	NE 2	NE 5	NE 5	NE 4	10	10	10	10
29	56.8	57.1	56.3	56.7	− 3.5	56.1	57.2	SW 1	SW 1	SW 1	SW 1	0	10	10	7
30	54.6	54.0	54.5	54.4	− 5.8	53.4	56.1	SW 1	SW 1	NE 3	SW 1	10	10	10	10
31	55.8	55.4	54.5	55.2	− 5.1	54.2	56.0	SW 1	SW 4	SW 5	SW 4	10	10	10	10
Mois	58.98	59.14	59.31	59.14	− 0.57							6.6	6.3	7.2	6.7

GRAND SAINT-BERNARD — MARS 1919

Jour du mois	Température 7 1/2	Température 13 1/2	Température 21 1/2	Température Moyenne 3 obs.	Température Ecart av. la norm.	Température Min.	Température Max.	Fraction de saturation en % 7 1/2	Fraction de saturation en % 13 1/2	Fraction de saturation en % 21 1/2	Fraction de saturation en % Moyenne 3 obs.	Fraction de saturation en % Min.	Fraction de saturation en % Max.	Pluie et Neige Ancien pluv. Pluie	Pluie et Neige Ancien pluv. Neige	Pluie et Neige Nouv. pluv. Pluie	Pluie et Neige Nouv. pluv. Neige
	°	°	°	°	°	°	°							mm	cm	mm	cm
1	-12.8	- 9.2	-13.2	-11.7	- 3.5	-14.2	- 8.8	35	61	91	62	31	94	2.6	4	3.6	9
2	- 7.6	- 0.8	- 5.2	- 4.5	+ 3.7	-14.0	- 0.6	79	51	75	68	37	95	....	....	....	....
3	- 4.8	- 1.6	- 5.2	- 3.9	+ 4.2	- 7.7	- 0.8	67	68	84	73	63	87	0.6	1	1.2	1
4	- 5.4	- 0.6	- 2.2	- 2.7	+ 5.3	- 6.7	0.2	100	87	100	96	85	100	2.0	2	2.2	2
5	- 2.8	- 0.6	- 3.4	- 2.3	+ **5.7**	- 4.2	0.2	97	88	90	92	81	100	2.4	3	3.5	4
6	- 7.2	- 1.6	- 6.0	- 4.9	+ 3.0	- 8.0	- 1.3	70	64	100	78	62	100	1.8	2	3.4	3
7	- 8.2	- 8.2	- 8.8	- 8.4	- 0.5	-10.2	- 4.8	99	94	60	84	35	100	....	....	....	....
8	- 9.4	- 6.8	- 8.4	- 8.2	- 0.4	-10.2	- 6.0	86	80	93	86	67	98	1.9	2	3.5	4
9	- 9.8	- 5.7	- 6.2	- 7.2	+ 0.5	-10.7	- 2.8	100	84	54	79	49	100	...	...	...	..
10	- 5.4	- 1.6	- 3.2	- 3.4	+ 4.2	- 7.7	- 0.8	98	74	36	63	22	99	...	...	...	..
11	- 2.4	+ 1.6	- 5.2	- **2.0**	+ 5.6	- 5.8	**2.7**	28	37	67	**44**	**20**	84	....	....	...	....
12	- 6.6	- 5.2	- 5.8	- 5.9	+ 1.6	- 7.2	- 4.8	100	100	100	100	84	100	0.7	....	1.4	....
13	- 7.4	- 4.8	- 8.4	- 6.9	+ 0.5	- 9.2	- 3.0	100	100	95	98	93	100	1.5	1	6.1	5
14	- 9.8	- 3.0	- 9.6	- 7.5	- 0.2	-12.2	- 0.7	94	79	100	91	67	100	....	....	....	....
15	- 9.8	- 6.0	- 9.8	- 8.5	- 1.3	-11.2	- 4.0	98	97	98	98	95	99	3.9	4	9.5	11
16	-10.2	- 7.6	-10.4	- 9.4	- 2.3	-11.7	- 5.7	99	99	98	99	98	100	0.5	1	8.8	9
17	-11.6	-10.0	-12.0	-11.2	- 4.2	-13.2	- 7.6	99	99	100	99	98	100	2.0	1	11.8	10
18	-15.2	-12.6	-13.2	**-13.7**	- **6.7**	-16.2	-11.0	95	91	91	92	85	98	1.6	8	7.5	16
19	-15.2	-12.2	-13.2	-13.5	- 6.6	**-16.7**	-10.8	94	98	63	85	58	99	1.0	1	2.7	3
20	-14.2	-11.6	-12.0	-12.6	- 5.8	-16.0	- 9.8	91	91	93	92	68	95	5.0	12	7.5	15
21	-12.2	-10.2	-10.8	-11.1	- 4.3	-13.4	- 9.8	93	93	94	93	91	95	9.3	19	18.8	37
22	-10.8	- 8.4	-11.2	-10.1	- 3.5	-12.4	- 7.0	92	92	94	93	90	96	3.5	4	8.1	8
23	-11.8	- 8.4	- 9.8	-10.0	- 3.5	-14.7	- 7.8	84	74	95	84	70	96	....	....	....	..
24	- 7.2	- 4.8	- 7.6	- 6.5	- 0.1	-10.2	- 3.9	95	60	82	79	51	96	12.4	15	17.0	25
25	- 6.2	- 6.6	- 6.0	- 6.3	0.0	- 9.2	- 5.8	73	99	100	91	68	100	12.0	13	13.0	14
26	- 6.2	- 2.4	- 4.6	- 4.4	+ 1.8	- 7.2	- 1.0	99	72	95	89	63	100	3.0	5	4.5	8
27	- 7.0	- 1.4	- 7.4	- 5.3	+ 0.7	- 8.2	- 0.6	85	54	71	70	45	97	1.4	2	3.3	5
28	-12.0	-11.6	-13.2	-12.3	- 6.4	-14.2	- 9.2	96	95	95	95	66	98	...	....	.	....
29	-14.6	- 5.4	- 6.4	- 8.8	- 3.0	-16.2	- 4.0	97	100	98	98	73	100	27.6	**40**	30.5	54
30	- 4.8	- 3.4	- 8.8	- 5.7	0.0	- 9.7	- 2.3	98	100	97	98	94	100	**33.6**	35	**58.8**	**74**
31	- 8.4	- 4.2	- 4.0	- 5.5	+ 0.1	-12.0	- 3.0	84	95	100	93	78	100	20.1	30	32.2	51
Mois	- 8.94	-5.64	-8.10	-7.56	-0.24	-10.98	-4.34	88	83	87	86			150.4	205	258.9	368

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD — MARS 1919

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — 0mm.22. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500mm + / Fraction de saturation en %

Heure	7 ½ (mm)	13 ½ (mm)	21 ½ (mm)	Moyenne (mm)	7 ½	13 ½	21 ½	Moy.
1re décade	62.69	63.11	63.61	63.14	83	75	78	79
2e »	60.16	60.01	59.86	60.01	90	89	91	90
3e »	54.55	54.74	54.91	54.73	91	85	93	90
Mois	58.98	59.14	59.31	59.14	88	83	87	86

Température

Heure	7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne $\frac{7½+13½+21½}{3}$	Moyenne $\frac{7½+13½+2\times21½}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	− 7.34	− 3.67	− 6.18	− 5.73	− 5.84
2e »	−10.24	− 7.14	− 9.96	− 9.11	− 9.32
3e »	− 9.20	− 6.07	− 8.16	− 7.81	− 7.90
Mois	− 8.94	− 5.64	− 8.10	− 7.56	− 7.69

Dans ce mois l'air a été calme 204 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{56}{87} = 0.64$

Pluie et neige dans le Val d'Entremont

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	Grand St-Bernard Anc. P.	Grand St-Bernard Nouv. P.
Eau en mm . .	99.3	68.1	63.8	150.4	258.9
Neige en cm . .	18	46	71	205	368

FERROMAGNÉTISME

ET

ÉQUATION CARACTÉRISTIQUE DES FLUIDES

PAR

Pierre WEISS

(Avec 8 fig.).

L'interprétation des données expérimentales du ferromagnétisme est relativement simple aux très basses et aux très hautes températures. Aux très basses températures l'aimantation à saturation donne directement le moment atomique, aux températures élevées la variation linéaire de l'inverse du coefficient d'aimantation permet de le calculer en s'appuyant sur la théorie cinétique et la notion du champ moléculaire. Mais les moments ainsi trouvés sont différents. L'atome de nickel a trois magnétons au zéro absolu et dans l'intervalle de 440° à 870°, de l'échelle ordinaire, il en a huit. Cette constatation suffit à poser le problème du ou des changements d'état qui se produisent entre les deux régions. Ce problème se précise par le fait que le point de Curie déterminé par la disparition de l'aimantation spontanée est à une quinzaine de degrés au-dessous de celui qui résulte de la droite des inverses des coefficients d'aimantation aux températures élevées. Le voisinage du point de Curie est donc plus particulièrement le siège de phénomènes inconnus.

La fig. 1 donne un réseau d'isothermes magnétiques du nickel dans la région voisine du point de Curie[1]. L'interprétation de

[1] Mesures faites en collaboration avec A. Piccard, travail en voie d'exécution.

ces courbes qui ne paraissait guère abordable à première vue s'est simplifiée de beaucoup par l'emploi de la représentation

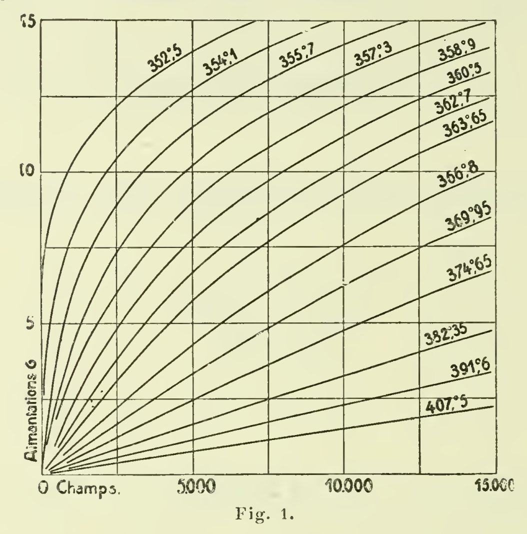


Fig. 1.

graphique de la fig. 2 où ont été portés les champs en fonction des températures pour des valeurs déterminées de l'aimantation

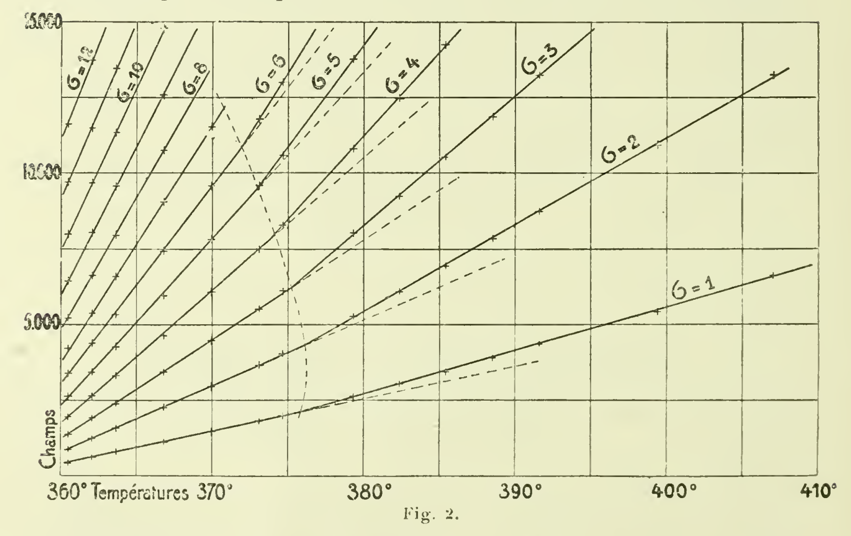


Fig. 2.

spécifique σ. Cette représentation a révélé la relation linéaire existant entre la température et le champ pour une valeur constante de σ. Mais les droites sont souvent coudées et le lieu des

coudes partage le plan en régions dont chacune, il semble plausible de l'admettre, correspond à un état particulier de la matière.

La relation linéaire entre la température et le champ, pour une aimantation donnée, entraîne des conséquences thermodynamiques intéressantes. Je rappellerai d'abord la définition que j'ai donnée précédemment du champ moléculaire : c'est un champ magnétique qui, s'ajoutant au champ extérieur, exprime l'action de l'ensemble des aimants moléculaires environnants sur l'aimant moléculaire considéré. J'ai fait d'abord l'hypothèse simple :

$$H_m = n \cdot \sigma \qquad n = \text{const.} \tag{1}$$

c'est-à-dire le champ moléculaire est proportionnel à l'intensité d'aimantation et dirigée comme elle. Cette hypothèse a permis de rendre compte d'un assez grand nombre de faits du ferromagnétisme jusqu'alors inexpliqués [1]. J'ai montré plus tard [2] que s'il est commode et intuitif de se représenter le champ moléculaire comme un véritable champ magnétique cette hypothèse est inutilement spécialisée et qu'il y a même des difficultés très sérieuses à admettre que les actions mutuelles d'orientation soient de nature magnétique ou électrostatique. Je définirai dorénavant le champ moléculaire par

$$H_m = -\frac{\partial U}{\partial \sigma} \tag{2}$$

U étant l'énergie de l'unité de masse de la substance et la température T et l'aimantation spécifique σ les deux variables. On se rend compte facilement que cette définition comprend comme cas particulier la définition (1); elle a l'avantage d'être indépendante de toute hypothèse sur la nature des forces. On a alors

$$dU = c_\sigma dT - H_m d\sigma \tag{3}$$

ou c_σ est la chaleur spécifique à aimantation constante. Le principe de la conservation de l'énergie donne :

$$\frac{\partial c_\sigma}{\partial \sigma} = -\frac{\partial H_m}{\partial t} \ . \tag{4}$$

[1] *Journal de Physique*, 4e série, t. VI, p. 661 ; 1907.
[2] *Annales de Physique*, 9e série, t. I, p. 134 ; 1914.

Le champ extérieur H fournit au corps un travail $Hd\sigma$. La chaleur élémentaire s'écrit par conséquent :

$$dQ = c_\sigma dT - (H + H_m)\, d\sigma \tag{5}$$

et, par application du principe de Carnot :

$$\frac{1}{T}\frac{\partial c_\sigma}{\partial \sigma} = -\frac{\partial \dfrac{H + H_m}{T}}{\partial T} \tag{6}$$

De (4) et (6) on déduit :

$$\frac{\partial H}{\partial T} = \frac{H + H_m}{T} \tag{7}$$

et

$$\frac{1}{T}\frac{\partial c_\sigma}{\partial \sigma} = -\frac{\partial^2 H}{\partial T^2}\,. \tag{8}$$

L'équation (8) exprime que dans toute région où les lignes d'égale aimantation sont des droites, où par conséquent $\frac{\partial^2 H}{\partial T^2} = 0$, on a $\frac{\partial c_\sigma}{\partial \sigma} = 0$ et que, à cause de (4) et (6), $\frac{H + H_m}{T}$ et H_m sont des fonctions de la seule variable σ :

$$\frac{H + H_m}{T} = \varphi_1(\sigma) \quad \text{et inversement :} \quad \sigma = f_1\left(\frac{H + H_m}{T}\right) \tag{9}$$

$$H_m = \varphi_2(\sigma) \tag{10}$$

(9) est la loi générale de l'aimantation en fonction du champ total $H + H_m$ et de la température T. Elle comprend comme cas particulier, en faisant $H_m = 0$, la loi donnée par Langevin pour les paramagnétiques. (10) exprime la dépendance du champ moléculaire de la variable σ, elle comprend comme cas particulier l'équation (1).

L'équation (7) exprime que le coefficient angulaire de l'une des droites de la figure (2) est égal à la valeur de $\frac{H + H_m}{T}$ correspondant à la valeur de σ et que l'ordonnée à l'origine de la droite donne le champ moléculaire changé de signe. La connaissance d'une famille de droites résout donc par points le problème de la détermination expérimentale des deux fonctions (9) et (10) dont dépend l'aimantation de la substance.

L'étude de la partie gauche de la fig. 2 a montré que le champ moléculaire est proportionnel à σ, avec une bonne approximation, jusqu'à la limite des expériences ($\sigma = 16$). Dans la partie de droite cette proportionnalité existe aussi avec un facteur différent. Les deux états du nickel sont en outre caractérisés par leurs nombres de magnétons et des phénomènes magnétocaloriques différents. Ces propriétés feront l'objet de publications ultérieures.

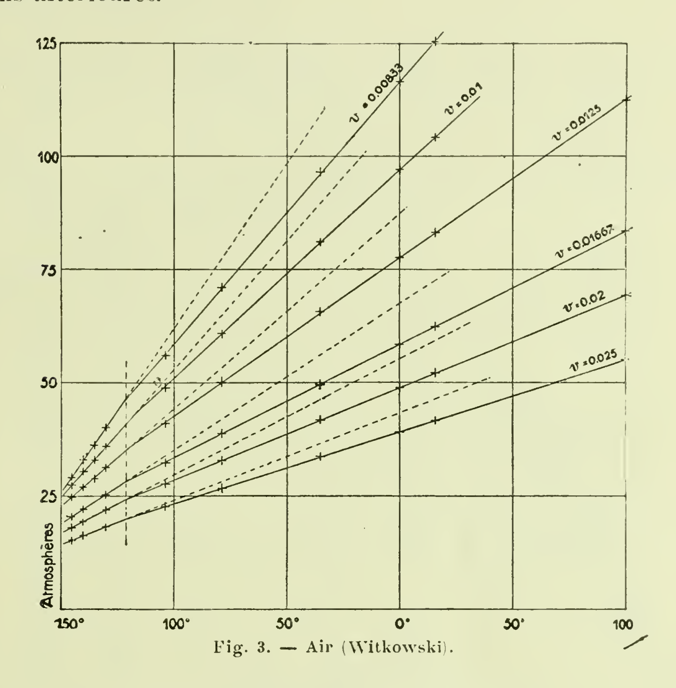


Fig. 3. — Air (Witkowski).

La méthode de discussion imaginée pour l'étude du réseau des isothermes magnétiques s'applique presque sans changement au *réseau des isothermes de compression des fluides*. Les lignes d'égale aimantation sont remplacées par les *isochores* ou lignes d'égal volume. La controverse au sujet du caractère curviligne ou rectiligne rigoureux ou approché de ces dernières est déjà ancienne[1]. Elle paraissait close par la règle empirique donnée indépendamment par Sidney Young et Keesom : les isochores sont concaves ou convexes du côté de l'axe des tempéra-

[1] Voir Keesom, *Comm. Leiden*, Vol. XI, suppl. 23, p. 754.

tures suivant que le volume est plus grand ou plus petit que le volume critique. Une révision suggérée par le phénomène magnétique m'a permis de reconnaître qu'ici encore les faits sont représentés d'une manière frappante par des droites coudées. Je vais donner quelques exemples caractéristiques.

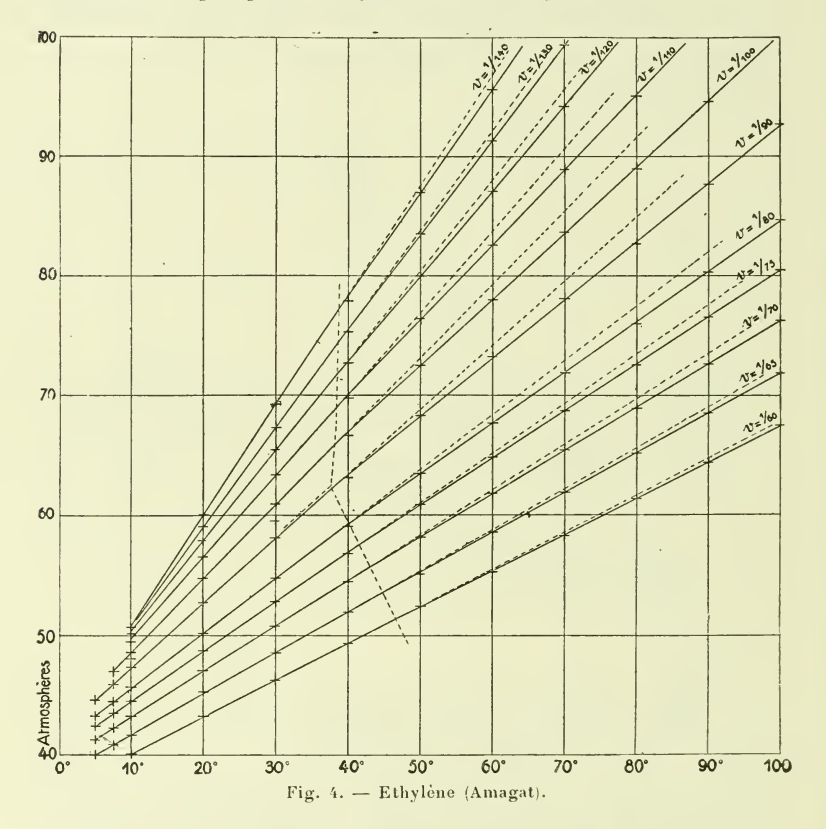


Fig. 4. — Ethylène (Amagat).

La fig. 3 représente, d'après les expériences de Witkowski, les isochores de l'air, remarquables par l'angle notable que font entre eux les deux segments. Dans cette figure et dans les suivantes les volumes ont été exprimés en fractions du volume normal à l'état de gaz parfait et les pressions en atmosphères.

La fig. 4 donne les isochores de l'éthylène déduites des isothermes d'Amagat. Les angles sont un peu moins grands mais les deux segments sont bien déterminés. Sont particulièrement caractéristiques les isochores des volumes voisins de 1/90. Les

points à 40° de la fig. 4 comme ceux aussi à — 103°,5 de la fig. 3 indiquent un léger arrondi au coude. Qu'il soit réel ou le résultat des interpolations, ce qui importe c'est moins la brusquerie plus ou moins grande du passage que l'existence de part et d'autre d'états bien définis.

La fig. 5 est la représentation des isochores de l'éther à l'état liquide, déduites par Amagat lui-même de ses observations aux très fortes pressions.

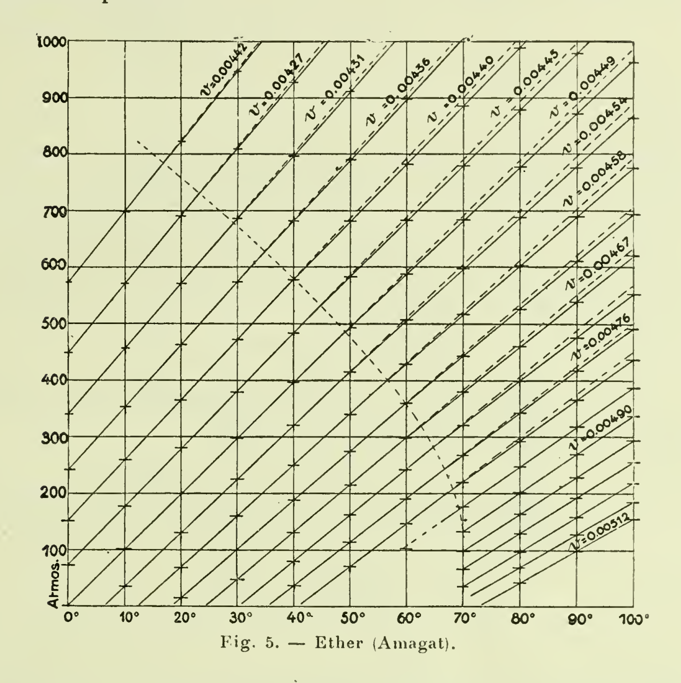


Fig. 5. — Ether (Amagat).

Enfin la fig. 6 donne une partie des expériences si précises de Sidney Young sur l'isopentane. Dans ce cas les droites coudées, et par suite les changements d'état dont ils sont le signe, se rencontrent dans une région de volumes peu éloignés du volume normal. Cela est assez remarquable puisque, aux grands volumes, on attribue volontiers à la substance des propriétés voisines de celles des gaz parfaits. En fait cette parenté est beaucoup plus grande pour la région de droite de la figure, aux températures élevées, que pour celle de gauche aux températures plus basses.

Le caractère énigmatique du changement d'état révélé par les coudes des isochores est une réelle difficulté. Néanmoins l'interprétation que je viens de donner paraît s'imposer comme reposant sur une large base expérimentale. Elle est appuyée en outre par le phénomène magnétique correspondant et par la netteté des conclusions que nous pourrons en tirer au sujet de l'équation caractéristique des fluides. On peut remarquer dès à

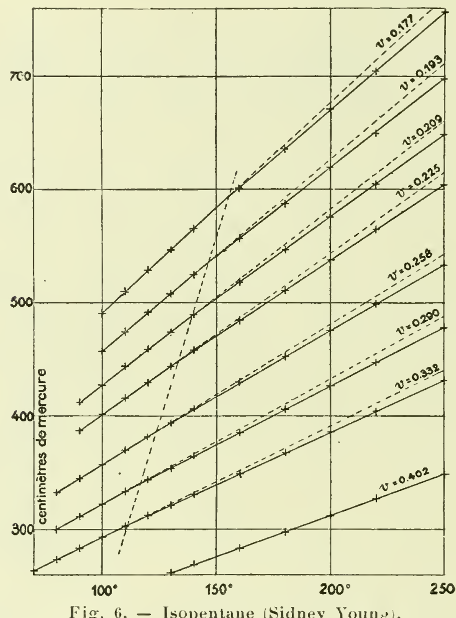


Fig. 6. — Isopentane (Sidney Young).

présent, qu'elle donne une explication plausible du médiocre succès de toutes les tentatives qui ont été faites pour perfectionner l'équation primitive de van der Waals. Le caractère non analytique des lois de compressibilité et de dilatation, considérées dans leur ensemble rend le problème insoluble avec les moyens mis en œuvre.

Pour pousser plus loin la discussion, je vais faire appel aux principes de la thermodynamique et serai amené à écrire des formules bien connues. Mais elles prennent un intérêt particulier par l'application aux régions d'isochores rectilignes. Le parallélisme complet avec les lois thermodynamiques du ferro-

magnétisme développées ci-dessus mérite aussi d'être souligné.

La pression interne qui joue un rôle analogue à celui du champ moléculaire a été définie tantôt comme terme correctif de la pression dans l'équation caractéristique, tantôt comme dérivée partielle de l'énergie U par rapport au volume v. Il est aisé de voir que ces deux définitions ne sont équivalentes que si le terme correctif de la pression est indépendant de la température. J'adopte la seconde définition :

$$\Pi = \frac{\partial U}{\partial v}. \tag{11}$$

Elle a l'avantage de donner à la pression interne une signification physique qui en fait un sujet de recherches intéressant, indépendamment du rôle qu'elle est appelée à jouer dans la construction d'une équation caractéristique. Soient c_v la chaleur spécifique à volume constant et T la température absolue, on a

$$dU = c_v dT + \Pi dv , \tag{12}$$

et la chaleur élémentaire s'écrit :

$$dQ = c_v \, dT + (p + \Pi) \, dv \tag{13}$$

où p est la pression extérieure.

Le principe de la conservation de l'énergie donne :

$$\frac{\partial c_v}{\partial v} = \frac{\partial \Pi}{\partial T} \tag{14}$$

et celui de Carnot :

$$\frac{1}{T} \frac{\partial c_v}{\partial v} = \frac{\partial \frac{p + \Pi}{T}}{\partial T} \tag{15}$$

d'où par combinaison des deux :

$$\frac{\partial p}{\partial T} = \frac{p + \Pi}{T} \tag{16}$$

et

$$\frac{1}{T} \frac{\partial c_v}{\partial v} = \frac{\partial^2 p}{\partial T^2} \tag{17}$$

Il résulte de (17), (14) et (15) que dans toute région où les isochores sont rectilignes :

$$\frac{\partial \frac{p + \Pi}{T}}{\partial T} = 0 \qquad (18)$$

et

$$\frac{\partial \Pi}{\partial T} = 0 \qquad (19)$$

ou

$$\frac{p + \Pi}{T} = f_1(v) \qquad (20)$$

et

$$\Pi = f_2(v) . \qquad (21)$$

La détermination expérimentale des deux fonctions $f_1(v)$ et $f_2(v)$ du volume seul donne l'équation caractéristique par élimination de Π. La relation (21) est la « Loi de la pression interne ». Quant à (20), on peut l'envisager comme l'expression de la dépendance de v de la variable $\frac{T}{p + \Pi}$, c'est-à-dire de la température ramenée par division à la pression totale 1. J'appellerai donc (20) la « Loi de dilatation ».

L'équation (16) montre que le coefficient angulaire d'une isochore donne $\frac{p + \Pi}{T}$ et que l'ordonnée à l'origine changée de signe donne Π. La connaissance d'une famille d'isochores rectilignes équivaut donc à celle des deux fonctions $f_1(v)$ et $f_2(v)$.

J'examine d'abord la *loi de dilatation*. Les isochores de l'hydrogène, déduites des expériences de Kamerlingh Onnes et Braak, sont rectilignes avec une grande précision dans l'intervalle de température étendu, aussi bien absolument que relativement, de $T = 68°\ 3$ à $T = 169°\ 4$, avec des écarts systématiques au-dessous et au-dessus de cet intervalle. Elles donnent pour la loi de dilatation :

$$v = b + R \frac{T}{p + \Pi} \qquad (22)$$

où R est avec toute la précision du dessin (un petit nombre de millièmes) la constante des gaz parfaits 1/273,1 (unités volume normal, atmosphère). Ceci est très remarquable, la pression interne atteignant 16,2 atmosphères, plus du quart de la plus grande pression extérieure et le covolume b étant égal au cinquième du plus petit volume observé.

On peut contrôler l'exactitude de cette loi en admettant $R = 1/273.1$ et en calculant par chacune des isochores la valeur de b :

v obs.	$\frac{T}{p+\Pi}$ obs.	b calc.
0,0052	1,132	0,001055
0,0058	1,298	0,00105
0,0065	1,492	0,00104
0,0100	2,445	0,00105
0,0125	3,122	0,00107
0,0150	3,808	0,00106
0,0200	5,155	0,00112

Le covolume calculé a une constance remarquable. La dernière valeur seule est un peu divergente, mais l'écart est encore faible comparé au volume observé 0,0200.

Ces résultats relatifs à l'hydrogène sont confirmés par les expériences plus anciennes de Witkowski qui donnent par le même procédé de discussion appliqué à la même région :

$$b = 0,00113$$

avec une constance comparable, pour un intervalle des volumes encore plus grand allant de 0,0057 à 0,0667.

J'ai examiné de même tous les matériaux à ma disposition. Pour toutes les familles d'isochores rectilignes de toutes les substances j'ai trouvé, au degré de précision des expériences, une relation de la forme (22), mais en général avec un coefficient $R' = \zeta R$ où le facteur ζ a une valeur supérieure à l'unité. Dans la fig. 7 a été représentée, d'après les expériences d'Amagat, la loi de dilatation de l'anhydride carbonique dans une région comprise entre 60° et 100° de l'échelle ordinaire. Cette représentation est très exactement une droite s'étendant depuis la valeur très faible du volume réductible $v-b$, égale seulement à la moitié du covolume b jusqu'à une valeur environ huit fois plus grande. L'inclinaison de cette droite donne $\zeta = 1,30$.

Les deux autres lois de dilatation représentées dans la même figure sont relatives à des familles d'isochores rectilignes de l'argon et de l'isopentane. Elles manifestent une nouvelle espèce de changement d'état par le fait que la représentation est composée, pour chacune de ces substances de deux segments recti-

lignes formant une droite coudée. Il y a donc pour chacune d'elles deux covolumes différents et deux valeurs de ζ qui sont pour l'isopentane $\zeta = 1{,}20$ et $1{,}38$ et pour l'argon $\zeta = 1{,}39$ et 1.

Quand une substance, comme l'isopentane dans les expériences

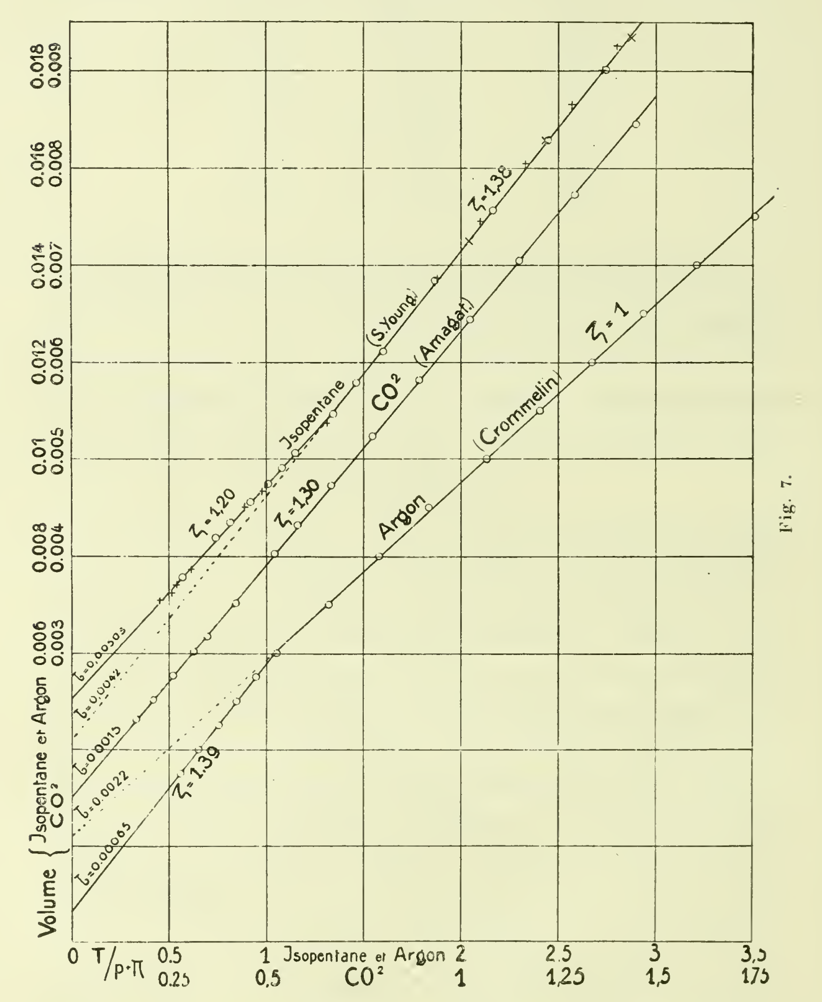


Fig. 7.

de Sidney Young, est étudiée dans un domaine très étendu de volumes et de pressions (les volumes varient de 0,005 à 12,8, les pressions dépassent 70 atmosphères) elle présente un assez grand nombre d'états différents caractérisés par les valeurs de ζ et de b.

Les coefficients ζ prennent, semble-t-il, un nombre limité de valeurs empruntées indépendamment de la nature de la substance à une même série de nombres....

1 ; 1,05 : 1,10 ; 1,20 ; 1,29 ; 1,39 ; ... 1,78 ; ... 2,65 ; ...

et d'autres valeurs plus élevées. En effet :

1 paraît se rencontrer pour tous les corps à des volumes suffisamment grands et des températures suffisamment élevées ;

1,05 a été trouvé pour une famille d'isochores de l'hydrogène (Amagat), de l'argon (Crommelin), de l'isopentane (Sidney Young), etc. ;

1,10 a été trouvé pour l'azote (Amagat), le chlorure de méthyle (Kuenen), pour l'isopentane (S. Young), pour l'anhydride carbonique (Amagat), etc. ;

1,20 pour l'isopentane (S. Young), l'éthylène (Amagat), l'anhydride carbonique (Kamerlingh Onnes et Keesom) ;

1,29 pour l'oxygène (Amagat), l'alcool méthylique (Seitz et Lechner), l'anhydride carbonique (Amagat) ;

1,39 pour l'isopentane (S. Young), l'argon (Crommelin) ;

1,78 pour l'isopentane (S. Young) et, d'une manière concordante, pour l'alcool éthylique au-dessus de 0° (Amagat) et pour la même substance entre 0° et —100° (Seitz et Lechner).

Les valeurs élevées de ζ correspondent en général aux grandes densités. Ainsi l'étude de l'éther, par Amagat, a donné pour deux états de la substance :

$$\zeta = 1,98 \quad \text{et} \quad 2,66 .$$

Le sulfure de carbone (Seitz et Lechner) donne aussi, avec une précision moindre, 2,65.

Dans la région moyenne on trouve aussi quelques valeurs isolées, peu nombreuses d'ailleurs, ainsi :

1,43 éthylène (Amagat)
1,52 isopentane (S. Young)
1,60 anhydride carbonique (Amagat)

mais il semble difficile d'être très affirmatif quant à une valeur numérique rencontrée une seule fois.

Toutes ces valeurs supérieures à l'unité indiqueraient non une association des molécules qui a été souvent invoquée pour

l'explication des anomalies des phénomènes de compressibilité et de dilatation, mais au contraire une dissociation. Mais le cas de l'argon montre tout au moins que cette dernière hypothèse ne saurait avoir une portée générale.

En général les plus grands covolumes b correspondent à des régions de grand volume v. Le cas de l'argon (fig. 7) en est un exemple, celui de l'isopentane est un exemple du cas exceptionnel où le plus petit covolume correspond à une région de volumes v plus grands.

On rencontre quelquefois des valeurs remarquablement grandes des volumes limite b. Ainsi l'isopentane existe dans deux états, dont les volumes limite sont 4 et 8,5 fois le volume spécifique du liquide à zéro degré sous la pression atmosphérique. Pour l'anhydride carbonique et l'éthylène on trouve des états dont le volume limite est près du double du plus petit volume atteint effectivement par la substance dans un état différent sous les pressions extrêmes.

La « *Loi de la pression interne* » donne lieu à une discussion analogue à celle de la loi de dilatation. Van der Waals a donné pour la pression interne :

$$\Pi = \frac{a}{v^2} \tag{23}$$

où a est une constante. Amagat et Leduc ont montré que cette loi est exactement vérifiée par l'expérience pour les gaz suffisamment dilués. En procédant par régions d'isochores rectilignes, on retrouve fréquemment ce résultat et l'on marque aisément les limites de sa validité. Ainsi, pour une famille de l'isopentane, empruntée à la série VI de Sidney Young, entre 180° et 280°, on a :

v (vol. norm.)	Π at.	$a = \Pi \cdot v^2$
0,1044	5,9	0,0642
0,1126	5,1	0,0648
0,1206	4,3	0,0626
0,1288	4,0	0,0664
0,1367	3,3	0,0618
0,1449	3,15	0,0661
0,1529	2,85	0,0667
0,1610	2,6	0,0674

cette vérification est bonne, en égard notamment à ce que Π résulte de la différence de deux termes plusieurs fois plus grands.

Il est remarquable que l'on rencontre quelquefois cette même loi pour des densités relatives notables. Ainsi les expériences déjà citées de Kamerlingh Onnes et Braak sur l'hydrogène donnent :

v (vol. norm.)	Π at.	$a = \Pi v^2$
0,0052	16,2	0,000437
0,0058	12,9	0,000433
0,0065	10,1	0,000425
0,0100	4,23	0,000423
0,0125	2,73	0,000426
0,0150	1,89	0,000425
0,0200	1,07	0,000428

Les expériences plus anciennes de Witkowski donnent avec une constance comparable le nombre voisin $a = 0{,}00046$.

Mais le cas de l'hydrogène paraît exceptionnel. Dès que les densités deviennent un peu fortes la pression interne obéit, en général, à des lois différentes de celle de van der Waals, qui sont représentées d'une manière remarquable par la formule :

$$\Pi = \frac{a}{v^\eta} \tag{24}$$

où a est une constante. L'exposant η prend des valeurs très diverses dont la fig. 8 donne quelques exemples. Les abscisses sont les logarithmes de $\frac{1}{v^2}$ et les ordonnées ceux de Π de telle sorte que toutes les lois du type (24) sont représentées par des droites et celle de van der Waals par des droites à 45°.

Les lois données dans cette figure pour l'isopentane et pour l'argon se rapportent aux mêmes familles d'isochores que les lois de dilatation de la fig. 7. Les changements d'état qui s'étaient manifestés dans la fig. 7 par les coudes des lignes brisées se retrouvent ici. Chacune des lois de la pression interne est aussi représentée par deux segments de droite d'inclinaison différente.

Le triangle allongé au bas de la fig. 8 est la représentation logarithmique de la pression interne de l'éthylène, déduite des isochores qui ont été représentés à la fig. 4 à titre d'exemple

de droites coudées. Les deux segments d'isochores donnent pour le même volume deux pressions internes différentes. La représentation graphique se compose donc de deux lignes : la ligne supérieure, provenant de la région des isochores infé-

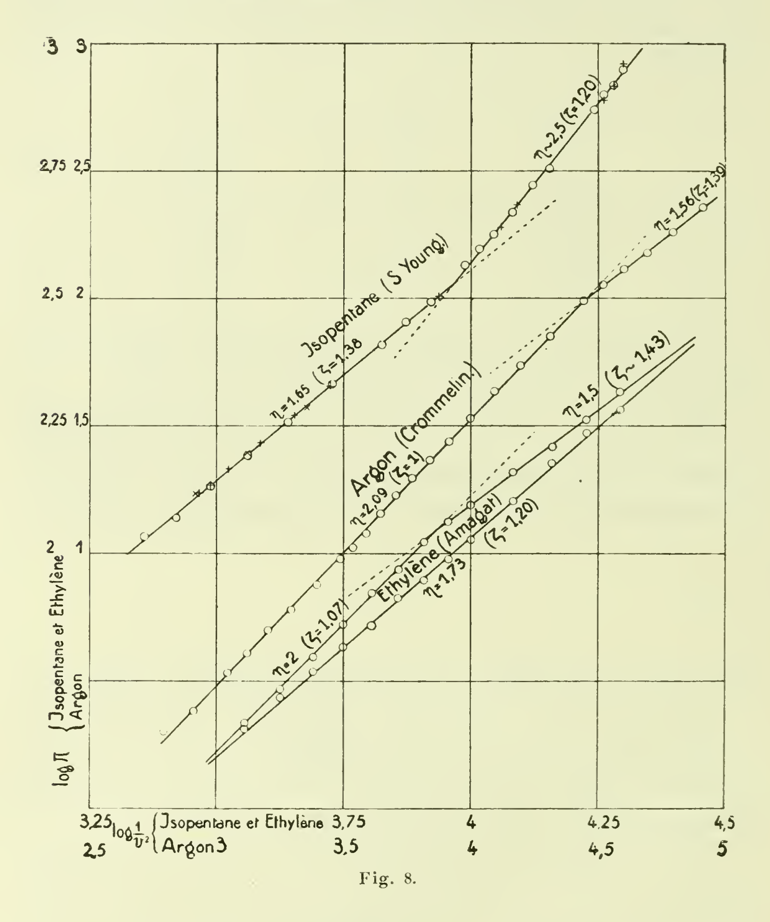


Fig. 8.

rieure à 40°, qui est brisée et correspond à deux états caractérisés par $\eta = 2$ et $\eta = 1{,}5$, et la ligne inférieure, droite unique avec $\eta = 1{,}73$, provenant des isochores au-dessus de 40°.

Il n'a pas été possible de reconnaître, parmi les nombreuses valeurs de η qui ont été déterminées, une régularité analogue à celle qui a été indiquée pour les ζ. Il ne semble pas non plus qu'il y ait une relation entre les ζ et les η. Tout au plus peut-on

remarquer que certaines valeurs, par exemple $\eta = 1{,}8$; $\eta = 2{,}5$, ont une tendance à se reproduire pour des substances différentes.

Lorsque, grâce à l'emploi de très fortes pressions, on réduit considérablement le volume des fluides, la pression interne finit par décroître et même par devenir négative (Amagat). A partir du moment où la décroissance de Π indique l'intervention de forces répulsives, la loi (24) cesse d'être applicable. Mais le critérium des états définis par les isochores rectilignes conserve son utilité pour l'étude de la pression interne.

La juxtaposition de la loi de dilatation (22) et de celle de la pression interne (24) donne l'équation caractéristique des fluides :

$$\left(p + \frac{a}{v^\eta}\right)(v - b) = \zeta \, . \, \mathrm{RT}$$

à quatre constantes a, b, η, ζ, valable pour un état de la substance caractérisé par les isochores rectilignes et des lois de dilatation et de pression interne déterminées. En général, les changements d'état atteignent simultanément les quatre constantes, mais il arrive aussi que certaines d'entre elles aient des valeurs communes à deux états différents.

LE SYSTÈME ASTRONOMIQUE DES CHINOIS

PAR

Léopold de SAUSSURE

(Avec 5 fig.).

Introduction.

De toutes les anciennes civilisations, celle de la Chine est la seule qui se soit perpétuée depuis la haute antiquité jusqu'à nos jours, chez un même peuple conservant sa langue, son écriture et son individualité politique. L'empire chinois moderne a derrière lui quarante siècles d'histoire ininterrompue.

Il semble donc que son système astronomique devrait être parfaitement connu puisqu'il est directement accessible aux investigations de la critique occidentale qui dispose de la littérature historique et technique, déjà vingt fois séculaire, de la Chine dite « moderne ». Il n'en est pas ainsi cependant et l'on pourra s'en convaincre en parcourant le chapitre consacré à l'astronomie chinoise par Ginzel dans le grand ouvrage où il a compilé tout ce que l'on croit savoir actuellement sur l'astronomie et la chronologie des civilisations primitives [1]. En comparant ce chapitre avec le présent exposé, le lecteur se rendra facilement

[1] Ginzel, *Handbuch der M. und H. Chronologie*, Berlin, 1906, vol. I. L'erreur de ce savant astronome est explicable ; car un compilateur, si érudit soit-il, ne peut guère s'assimiler un sujet exigeant des connaissances philologiques et historiques très spéciales s'il n'est pas guidé par des exposés synthétiques. Or de tels exposés de l'astronomie chinoise n'existent pas. Les études fragmentaires ou les résumés qui ont été publiés sont disparates et inconciliables. J'ai expliqué dans la revue sinologique *T'oung pao* (Leyde 1907) les causes de cette divergence de vues. En voici les principales : 1° La sinologie se trouve devant une tâche immense dont l'astronomie n'est

compte qu'un des deux est entièrement erroné puisque les traits fondamentaux de l'astronomie chinoise d'après celui-ci sont absents de celui-là, où ils sont remplacés par les traits caractéristiques de l'astronomie gréco-chaldéenne. En outre, dans l'ouvrage de Ginzel il n'est à peu près rien dit de l'astronomie chinoise antique, alors que la compréhension des origines est essentielle pour discerner ce qu'il y a de particulier dans la méthode chinoise, foncièrement identique à toutes les époques jusqu'à l'intervention des Jésuites qui, au XVII[e] siècle, lui substituèrent la méthode grecque.

Cette connaissance de l'astronomie antique n'est pas seulement nécessaire pour l'étude des procédés techniques, mais encore pour celle des croyances cosmologiques qui sont à la base de la civilisation chinoise. L'astronomie est, en effet, l'élément primordial de cette civilisation et toutes les idées générales en matière religieuse, philosophique, politique, sociale ou scientifique se sont cristallisées dans le moule fourni par la contemplation du ciel : le pôle, centre immobile trônant au milieu de la région circompolaire; et les quatre quartiers du firmament qui correspondent aux quatre saisons et plongent alternativement sous l'horizon. Le respect religieux inspiré dès les plus lointaines origines par ce concept quinaire l'a imposé, comme

qu'une branche encore peu explorée. 2° Il est rare que la compétence sinologique et astronomique se trouvent réunies chez un même chercheur. 3° La compétence astronomique ne garantit pas la justesse des vues sur l'évolution des notions primitives. 4° On peut remarquer chez certains missionnaires (Chalmers, Legge, etc.) une répulsion pour les notions indigènes entremêlées de croyances religieuses qu'ils éliminent, pour cette raison, de leurs enquêtes. C'est ainsi que le P. Gaubil au 18[e] siècle, a passé sous silence la division du ciel chinois en cinq parties. Biot ayant généralisé d'après les seuls documents de Gaubil, ce trait fondamental est absent de ses *Etudes,* comme aussi des travaux postérieurs à l'exception de l'*Uranographie chinoise* de Schlegel. 4° Depuis que les sinologues ont appliqué à l'histoire chinoise les méthodes de la critique scientifique et se sont fait une opinion justifiée de ce qu'a été l'antiquité chinoise, ils sourient à la lecture des dissertations astronomiques où Biot parle des premiers souverains légendaires comme s'il s'agissait d'empereurs modernes ; leur confiance, au contraire, va d'instinct à celui qui, comme le prof. Russel, écarte en quelques mots les « exagérations » antérieures pour leur substituer une interprétation bien plus vraisemblable en apparence mais basée sur une complète méconnaissance du sujet.

une sorte de formule magique exprimant le secret de l'univers. Ce lien commun aux divers modes de la pensée chinoise a créé, dès la plus haute antiquité, le sentiment confus d'un déterminisme physico-moral universel auquel président d'une part l'Etre suprême *(Chang-ti, T'ai-yi)* symbolisé par l'étoile polaire gouvernant les quatre régions du firmament, d'autre part le Fils du Ciel, son vicaire ici-bas, gouvernant les quatre régions de la Terre[1].

C'est précisément cette conception déterministe — d'après laquelle les rites, à base astronomique, accomplis par le Fils du Ciel, jouaient un grand rôle dans le maintien de l'ordre universel — qui sert de *substratum* à la doctrine de Confucius. C'est elle aussi qui a inspiré la théorie des cinq éléments, la chimie de l'antiquité, où quatre éléments périphériques *(eau, feu, bois, métal)* se combinent avec l'élément central *terre*. C'est elle qui a inspiré le traité philosophique *Hong-fan* (12e siècle avant notre ère) où les notions morales et physiques se groupent suivant le schéma quinaire. C'est elle qui inspire la théorie musicale, où quatre notes périphériques se groupent autour de la note centrale. Même lorsque la forme n'est pas quinaire, comme c'est le cas dans la théorie dualistique du *yin* et du *yang*, qui représente la physique de l'antiquité, et comme dans le cycle des douze animaux, la doctrine est toujours d'ordre physico-astronomique[2].

[1] Cette idée fondamentale, justifiée à l'origine parce que les Chinois formaient un noyau civilisé entouré par des barbares, s'est perpétuée à travers toute l'histoire chinoise et a été la cause des conflits diplomatiques avec les nations européennes soulevés aux siècles derniers par le fait que le Fils du Ciel, comme le pape romain, ne pouvait admettre avoir des égaux dans l'univers.

Le terme de Royaume du Milieu dérive également de la même idée, la Chine jouant sur la terre le même rôle que la région circompolaire dans le ciel. La langue chinoise n'a pas d'autre terme pour désigner l'Empire que celui de *T'ien-hia* le Dessous du ciel. Quant aux expressions de « Célestes » et de « Céleste-empire » qu'on attribue, même officiellement, aux Chinois, ce ne sont que des déformations créées par les Européens. (Cf. *La Chine et les puissances occidentales* dans le *Globe* de janvier 1895 et *La conception impériale en Chine, Revue scientifique* du 19 janvier 1895.

[2] Ce caractère cosmologique et astronomique des croyances chinoises n'a pas été compris par les sinologues, précisément parce que les principes de l'astronomie chinoise ne leur ont pas été exposés. Dans son petit

Il est donc difficile de traiter de l'astronomie chinoise, comme on le ferait d'une science occidentale purement objective, sans mentionner, tout au moins, sa liaison intime avec les croyances philosophiques dont elle est solidaire. Comme, d'autre part, cette doctrine remonte à une époque très antique sur laquelle on n'a que des renseignements fragmentaires, il est indispensable d'indiquer de quelle manière il a été possible de reconstituer l'origine du système et son évolution.

*
* *

La Chine primitive était confinée dans le bassin inférieur du fleuve Jaune. Les traditions nous représentent d'abord une série de souverains, les uns mythiques, puis les autres légendaires, qui auraient régné environ du 27e au 21e siècles avant notre ère. On ne connaissait pas encore les métaux, sauf l'or, et l'on se servait d'instruments en pierre polie (jade et silex)[1]. Chose remarquable, que confirment les données astronomiques, c'est à cette époque reculée que les annales postérieures placent la création de l'astronomie et du calendrier. Ces souverains légendaires, surtout *Houang ti* et *Yao* sont représentés comme les fondateurs de l'astronomie. Cette science était considérée déjà comme la base du pouvoir impérial. Mettre d'accord les nombres de la Terre avec les nombres du Ciel était le premier devoir du Fils du Ciel.

traité des religions chinoises Giles ne mentionne même pas la religion astronomique de l'antiquité. Dans sa traduction de l'historien *Sseu-ma Ts'ien*, Ed. Chavannes considère le culte de *T'ai yi* comme une création de la raison abstraite (sous les *Han*) sans se douter que *T'ai yi* est l'étoile polaire de l'antiquité. Ce même savant (le meilleur sinologue de notre temps) a cru que la théorie des cinq éléments et le cycle des animaux étaient d'origine turque et peu ancienne. M. Courant a traité de la musique chinoise sans soupçonner le caractère cosmologique de sa théorie quinaire. De même Forke dans son étude sur les cinq éléments. Aucun sinologue n'a compris le lien général qui motive les correspondances de ces diverses théories. Lorsque les croyances cosmologiques et déterministes de la haute antiquité cesseront d'être méconnues, on s'apercevra que l'étude de la pensée de Confucius est à reprendre sous un jour nouveau.

[1] Etat de civilisation analogue à celui des Aztèques qui avaient aussi un calendrier très remarquable tout en étant restés à l'âge de la pierre polie (obsidienne, etc.).

Viennent ensuite les deux premières dynasties, qui règnent chacune environ cinq siècles. Il n'est plus alors question d'empereurs astronomes, mais la charge de grand astronome est exercée par un haut dignitaire. Epoque du bronze.

Au 11e siècle commence la dynastie des *Tcheou,* qui règne 800 ans, au cours de laquelle le pouvoir central s'affaiblit et ne reste plus que nominal. Comme dans l'Allemagne du moyen âge, l'Empire est divisé en une multitude de fiefs, grands et petits, les grands absorbant progressivement les petits. Comme en Allemagne, les vassaux les plus puissants sont ceux qui ont la garde des Marches de la frontière parce qu'ils soumettent, colonisent et civilisent les régions barbares circonvoisines. Simples barons ou vicomtes dans l'Empire, ils sont rois dans leurs possessions. La lutte s'établit entre eux pour l'hégémonie et finalement c'est *Ts'in* qui triomphe, fonde la 4e dynastie et rétablit l'unité impériale en détruisant la féodalité.

Sous la longue dynastie des *Tcheou* apparaît Confucius qui déplore le relâchement de l'autorité impériale et des règles de l'antiquité. Il modernise et développe la littérature en révisant les anciens livres canoniques et en livrant pour la première fois un livre d'histoire à la publicité, ce qui suscite de nombreux commentaires fourmillant d'anecdotes où se trouvent aussi d'intéressants détails astronomiques. Cette période est pour les Chinois celle de l'antiquité classique, car elle est à la fois ancienne et bien connue. Le fer succède au bronze. L'astronomie, qui est une fonction de l'Etat, décline avec l'affaiblissement du pouvoir central. Mais l'économie publique se développe ; elle présage l'ère moderne qui s'ouvrira dès la fin des luttes féodales.

En fondant le Nouvel-Empire, le prince de *Ts'in* veut effacer ce qui reste encore de l'esprit féodal et pour cela il ordonne la destruction totale de la littérature classique, rempart de l'ancien ritualisme, n'épargnant que les livres techniques d'astrologie, de médecine, etc. Ce radicalisme amène la chute de sa dynastie dès la deuxième génération.

Après une période de troubles apparaît la dynastie des *Han*, la première qui soit d'origine plébéienne ; elle inaugure l'ère moderne de la Chine. Ses premiers souverains rétablissent l'ordre, puis s'occupent de recueillir tout ce qui subsiste de l'an-

tiquité. Un siècle avant J.-C., l'empereur *Wou* recule les limites de l'Empire jusqu'au Turkestan et au Tonkin et prend contact avec l'influence grecque en Bactriane. Son grand astrologue *Sseu-ma Ts'ien* écrit la première histoire encyclopédique de la Chine (dont trois chapitres astronomiques). Bientôt après, l'invention du papier, de l'encre et du pinceau (on écrivait auparavant sur bois avec un stylet et du vernis), donne un grand développement à la littérature. On discute les données astronomiques de l'antiquité et depuis lors les encyclopédies historiques de chaque dynastie indiquent en détail les progrès de la science.

L'incendie des livres ordonnée par *Ts'in* ne pouvait naturellement pas annihiler l'ancienne littérature, mais il fit disparaître beaucoup d'ouvrages secondaires. Les livres astrologiques, qui avaient été épargnés, sont intercalés par fragments dans les traités nouveaux, mais ne sont pas parvenus à nous en entier. La littérature classique et ses commentaires contiennent des renseignements épars. Quant au système astronomique il subsiste naturellement par la continuité professionnelle et se trouve d'ailleurs exposé dans les chapitres des nouveaux traités reproduits d'ouvrages anciens. C'est la méthode chinoise : l'œuvre immense de l'historien *Sseu-ma Ts'ien* est une juxtaposition d'anciens documents et quand, par exception, l'auteur prend la parole, il ne manque pas de le spécifier : « Le duc grand astrologue dit... »

* * *

L'histoire de l'astronomie chinoise se compose ainsi, comme l'histoire générale de la Chine, de deux périodes, l'ancienne et la moderne, séparée par l'incendie des livres.

Dans l'ère moderne le service astronomique officiel est réorganisé. Bientôt apparaissent les premiers instruments gradués en laiton, les découvertes se succèdent et la méthode devient à peu près scientifique sans cependant approcher jamais de la clarté du raisonnement grec.

Dans l'ère ancienne, l'astronomie a surtout une importance métaphysique, politique, rituelle et sociale, en faisant du souverain le Vicaire du ciel sur la terre, chargé de maintenir ici bas l'ordre et la régularité des choses célestes, notamment en pro-

mulguant le calendrier. D'après la tradition, cette science des « rois sages » est fondée dès la haute antiquité, antérieurement à la première dynastie. L'analyse astronomique montre, en effet, comme nous allons le voir, que cette période créatrice des environs du 24e siècle a dépassé en ingéniosité et en précision tout ce qui a été fait dans le reste de l'ère ancienne; et que c'est à elle que remontent les diverses institutions dont l'ensemble forme le système symétrique et bien coordonné de l'astronomie antique.

I. Description du système.

Le système astronomique de la Chine ancienne, qui s'est perpétué sans modification essentielle dans l'ère moderne, apparaît pour la première fois, d'une manière synthétique, dans le Traité

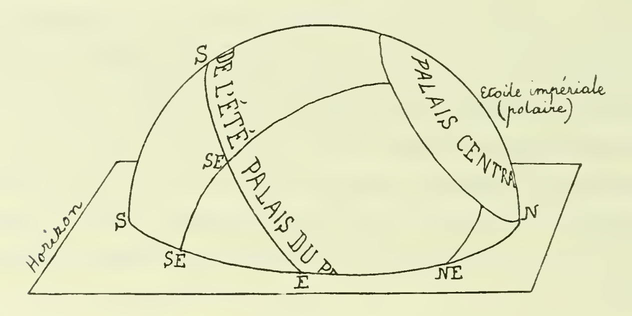


Fig. 4. — Sphère céleste chinoise.

des *Gouverneurs du ciel,* faisant partie des *Mémoires historiques* de *Sseu-ma Ts'ien* et compilé, à la fin du IIe siècle avant J.-C., d'après les traités antérieurs de la dynastie *Tcheou.*

Les palais célestes. — Le ciel est divisé en cinq régions appelées *palais.* D'abord le *palais central* comprenant la calotte circompolaire[1] et quatre palais équatoriaux, correspondant aux quatre saisons.

[1] On appelle calotte circompolaire la région centrale du firmament qui reste constamment au-dessus de l'horizon. Son rayon est donc égal à la latitude et comme la Chine primitive se trouvait sous le 36e parallèle, le *palais central* du ciel chinois avait environ 72 degrés de diamètre. Voyez la fig. 4.

Le caractère équatorial, et non écliptique, de ces palais résulte déjà du fait que ce système de division est basé sur le pôle. L'équateur est en effet la jante de la roue dont le pôle est le moyeu. Le pôle étant l'élément fondamental dans la conception chinoise du ciel, il s'en suit que, pour elle, le « *Contour du ciel* » signifie l'équateur[1]. Ce caractère équatorial de la méthode chinoise se manifeste, comme nous le verrons, dès la haute antiquité[2] et se perpétue jusqu'à l'intervention des Jésuites, au XVIIe siècle, lesquels entrèrent en faveur en dénonçant à l'empereur de prétendues erreurs dans le calendrier, provenant de ce qu'ils interprétaient comme écliptique ce que la méthode chinoise considère dans le sens équatorial.

Il n'y a d'ailleurs pas de raison pour qu'une astronomie primitive soit nécessairement écliptique. Car le concept équatorial, basé sur la régularité symétrique du trajet des étoiles dans la révolution diurne, normalement au plan vertical passant par l'étoile polaire, est d'ordre plus concret que la notion d'un cercle oblique fondé sur l'observation de la course annuelle des astres mobiles. La régularité de la révolution diurne s'impose au respect des primitifs comme une manifestation de l'ordre de la nature, auquel il convient de se conformer pour bénéficier de sa

[1] Dans l'ère moderne l'équateur s'appelle la *Voie rouge* et l'écliptique la *Voie jaune* mais ces termes ne se trouvent pas dans la littérature antique. Dans les documents provenant de la dynastie *Tcheou*, non seulement l'écliptique n'est pas nommé, mais on n'y trouve pas l'idée du cercle oblique. Même dans l'ère moderne l'écliptique n'a pas sa graduation propre ; il est divisé par les cercles de déclinaison des dodécatémories équatoriales. Lorsque les astronomes chinois au IIe siècle de notre ère, découvrirent la loi de précession, ils la conçurent d'emblée comme équatoriale, ne pouvant imaginer que le centre d'un mouvement céleste ne fût pas le pôle.

Les astronomes occidentaux (tels que Chalmers et Ginzel) qui ont écrit sur l'astronomie chinoise sans avoir étudié Biot et Gaubil ont subi une prévention, analogue mais inverse, qui montre à quel point nous sommes imbus de la tradition grecque : ils lui ont attribué le caractère écliptique, non pas explicitement et après avoir examiné les deux alternatives en présence, mais tacitement et comme si celà allait de soi.

Le goût de la symétrie, qui est une caractéristique du génie chinois (et qui se manifeste notamment dans son art, opposé en celà à celui du Japon), est évidemment en rapport avec le caractère équatorial de l'astronomie, sans qu'on puisse dire s'il en est la cause ou l'effet.

[2] Celà est déjà rendu évident par le diagramme équatorial des *sieou* (fig. 6) bien plus symétrique que la projection écliptique.

vertu. C'est pour cette raison que les anciens pharaons faisaient orienter exactement leurs pyramides funéraires et que le plan des palais chinois était soumis à la même règle.

Les quatre palais équatoriaux sont subdivisés en douze dodécatémories et en vingt-huit *sieou*, chaque palais contenant trois dodécatémories et sept *sieou*. La dodécadémorie centrale comprend trois *sieou* et chacune des deux autres en contient deux[1].

DIVISIONS ÉQUATORIALES.

Palais	Dodécatémories	Sieou	Numéros
	Sing-ki	Teou + Nieou	8, 9
Hiver (N)	Hiuan-hiao	Niu + Hiu + Wei	10, 11, 12
	Tsiu-tseu	Che + Pi	13, 14
	Hiang-leou	K'ouei + Leou	15, 16
Automne (W)	Ta-leang	Wei + Mao + Pi	17, 18, 19
	Che-tch'en	Tsouei + Tsan	20, 21
	Chouen-cheou	Tsing + Kouei	22, 23
Eté (S)	Chouen-ho	Lieou + Sing + Tchang	24, 25, 26
	Chouen-wei	Yi + Tchen	27, 28
	Cheou-sing	Kio + K'ang	1, 2
Printemps (E)	Ta-ho	Ti + Fang + Sin	3, 4, 5
	Si-mou	Wei + Ki	6, 7

Correspondance des Palais célestes avec les saisons et les points cardinaux de l'horizon. — La principale caractéristique du système chinois, c'est qu'il n'est pas seulement astronomique mais cosmologique et qu'il réunit dans une même formule la conception unitaire et déterministe de l'antiquité chinoise. La question des origines de ce système devant être examinée plus loin, nous nous bornons à sa description tel qu'il apparaît au début de l'ère moderne.

[1] On retrouve ici le goût des Chinois pour la symétrie. Comme d'autre part les *sieou* sont très inégaux (variant de 3 à 30 degrés) il s'en suit que ces groupes de deux ou trois *sieou* sont aussi très inégaux entr'eux. Ces dodécatémories inégales n'ont qu'une valeur astrologique, mais elles sont vraisemblablement la survivance d'un système primitif de douze mansions lunaires ayant servi à localiser le plein de la lune (fig. 6).

1° Dans le système astronomique et calendérique des Chinois, les solstices et équinoxes ne marquent pas le début mais le *milieu* des saisons, manifestation très antique du besoin de symétrie des Chinois [1].

2° Les quatre quartiers équatoriaux du ciel sont mis en rapport avec les quatre saisons, ce qui est facile à concevoir puisque ces quatre quartiers ont été établis, à l'origine, d'après la situation du firmament au cours des saisons.

3° Ces quatre palais sidéraux sont mis en rapport avec les points cardinaux de l'horizon, d'après une association d'idées physico-astronomique. L'hiver, saison du froid, est assimilée au Nord, d'où souffle le vent froid ; tandis que l'été est assimilé au Sud d'où vient la chaleur.

4° Le firmament n'accomplit pas seulement une révolution annuelle, mais encore une révolution diurne. Or le système chinois, essentiellement unificateur et symétrique, assimile intimément la révolution diurne à la révolution annuelle en leur appliquant la même notation (de même que nos astronomes divisent indifféremment l'équateur en 360 degrés ou en 24 heures). Et cette notation, qui date de la haute antiquité, s'étend également à la révolution azimutale : de telle sorte que les divisions de l'horizon, de l'année et de la journée sont exprimées par les mêmes séries de signes qui constituent le plus ancien système d'unification métrique et la plus ancienne conception synthétique des lois de la nature (voir le tableau ci-dessous).

La théorie dualistique du Yin et du Yang. Les anciens Chinois ont conçu l'évolution des phénomènes physiques et physiologiques sous la forme de deux principes antithétiques, l'un actif *Yang*, l'autre passif *Yin*. Le premier chaud et sec, le deuxième froid et humide. L'un est mâle, l'autre est femelle.

Ces deux principes deviennent alternativement prépondérants dans la révolution diurne et annuelle et sont représentés

[1] Les saisons de notre calendrier sont basées sur la météorologie : le froid intense et la plus forte chaleur se produisent environ un mois et demi après le solstice, c'est-à-dire au milieu de nos saisons d'origine gréco-romaine. Mais l'astronomie étant, en Chine, la considération fondamentale, les solstices et équinoxes marquent le *milieu* de chaque saison.

par les symboles suivants, appelés trigrammes de *Fou-hi,* du nom du plus ancien des souverains mythiques, auquel les Chinois en attribuent l'invention.

On voit que, d'après cette théorie, le zéro de la révolution annuelle est au solstice d'hiver (et non pas à l'équinoxe vernal comme dans notre méthode grecque) ; le zéro de la révolution diurne est à minuit (et non pas à midi comme dans notre système astronomique). Le zéro absolu est donc au solstice d'hiver se produisant à minuit. Et les astronomes chinois se sont représenté qu'à l'origine des temps les astres mobiles sont partis simultanément du méridien inférieur, au solstice d'hiver à minuit ; ils ont cherché, d'après la durée de leur révolution respective, à calculer la date de ce point de départ.

Tableau d'équivalence.

montrant la division en 8 et 12 parties des *révolutions annuelle, diurne et azimutale.*

Trigram.	Horizon	Signes	Journée	Année	Dualisme
☷	N	子	Minuit	Solstice d'hiver	Max. du *Yin*
☳	NE	丑 寅	2h 3h 4h	Début du printemps	
☲	E	卯	6h 6h	Equinoxe du printemps	Egalité
☱	SE	辰 巳	8h 9h 10h	Début de l'été	
☰	S	午	Midi	Solstice d'été	Maximum du *Yang*
☴	SW	未 申	14h 15h 16h	Début de l'automne	
☵	W	酉	18h 18h	Equinoxe d'automne	Egalité
☶	NW	戌 亥	20h 21h 22h	Début de l'hiver	

Les Chinois concevant l'astronomie comme une fonction de l'Etat et la capitale du Fils du Ciel comme le centre du monde, le point d'origine des mouvements célestes est pour eux le méri-

dien du palais impérial [1]. Le zéro absolu est donc le solstice d'hiver se produisant à minuit, le soleil, la lune et les cinq planètes se trouvant en conjonction au méridien inférieur de la capitale.

Interversion des palais équinoxiaux. — Plaçons-nous par la pensée au solstice d'hiver à minuit. A cet instant le centre du palais de l'été se trouve devant nous, au Sud, passant au méridien supérieur, d'où son nom de *palais méridional*, tandis que derrière nous, sous terre, au Nord, le palais de l'hiver, invisible, passe au méridien inférieur, d'où son nom de *palais septentrional;* ces appellations étant corroborées par le fait que l'été est associé au *yang*, donc au Sud, l'hiver au *yin*, donc au Nord.

Mais lorsqu'il s'agit de dénommer les palais équinoxiaux, une difficulté surgit qui menace la belle ordonnance du système. Le soleil, dans sa révolution annuelle, marche en sens inverse de son mouvement diurne. Quand donc le *palais de l'été* se trouve au méridien devant nous, celui où séjourne le soleil au printemps ne se trouve pas à l'est mais à l'occident et celui où il séjourne en automne ne se trouve pas à l'ouest mais au levant. Les Chinois n'ont pas tenu compte de cette considération et ils appellent *palais du printemps* celui qui est à l'Est, palais de l'automne celui qui est à l'Ouest. De cette manière la concordance est établie entre les révolutions annuelle, diurne et azimutale :

N	*Nuit*	*Hiver*
E	*Matin*	*Printemps*
S	*Jour*	*Eté*
W	*Soir*	*Automne*

Les Chinois appellent donc Palais du Printemps celui où se trouve le soleil en automne et Palais de l'Automne celui où il se trouve au printemps. Ce n'est pas là une anomalie purement conventionnelle : le zodiaque lunaire, nous allons le voir, en fournit l'explication [2].

[1] Le méridien, en chinois, s'appelle *ti tchong* « milieu de la terre » ce qui peut s'entendre au sens local et au sens universel. Dans l'antiquité il n'existait qu'un seul observatoire, celui de l'empereur, situé rituellement dans un angle de l'enceinte du palais (la Tour des Mathématiques). Le méridien de cet observatoire était donc censé diviser l'univers en deux moitiés.

[2] Sur le zodiaque lunaire, voyez les *Archives* d'avril 1919. — Les auteurs

Digression sur la période primitive et sur l'apparition de la méthode tropique. — A l'époque où, dans un passé reculé, le système astronomique chinois était basé sur le zodiaque lunaire, la révolution sidérale annuelle était mise en rapport — comme

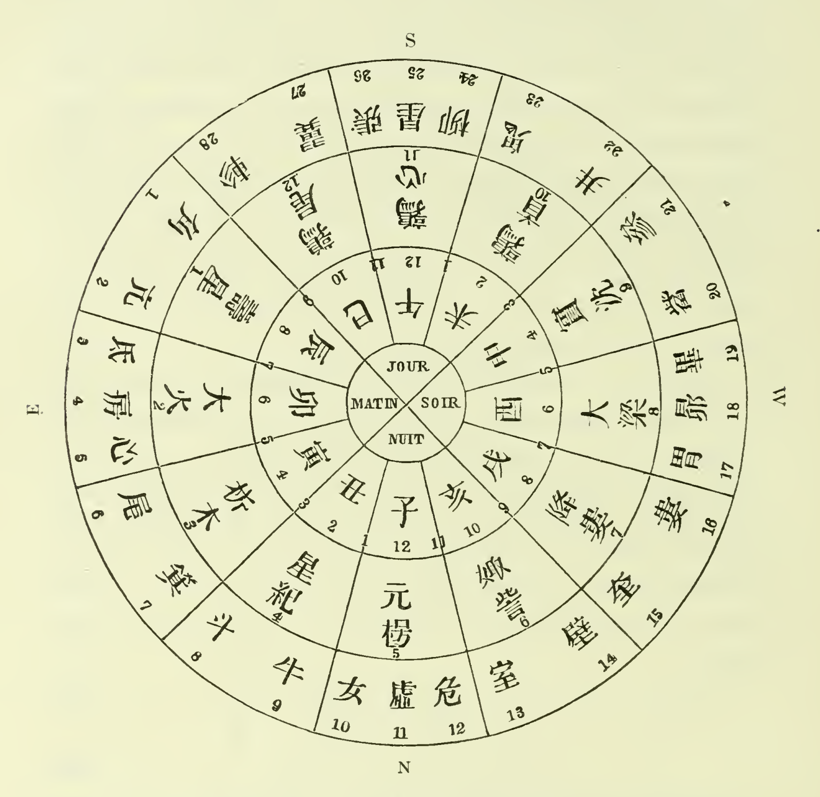


Fig. 5. — Schéma chinois des divisions équatoriales.

c'est le cas dans l'Inde — avec les douze mois de l'année, par le fait que chaque mois correspondait à la région du ciel où se

qui ont écrit sur l'astronomie chinoise n'ont pas mentionné la division, cependant fondamentale, du ciel en palais célestes. Chalmers, en a dit quelques mots et tourne en dérision leur interversion où il voit une inconséquence des Chinois : « This discrepancy, however, does not seem to trouble their mind at all and we may safely leave it unexplained ». Seul, le sinologue hollandais Schlegel s'est passionné pour cette question qn'il a cru résoudre en soutenant que le système chinois s'était constitué à l'époque où, par suite de la révolution du pôle (il y a 17 000 ans), la situation sidéro-solaire

produit la pleine lune, c'est-à-dire à la région du ciel diamétralement opposée au lieu du soleil. A cette époque, comme dans l'Inde, le système uranographique était donc continu et par opposition. Les astérismes chinois correspondaient aux divers

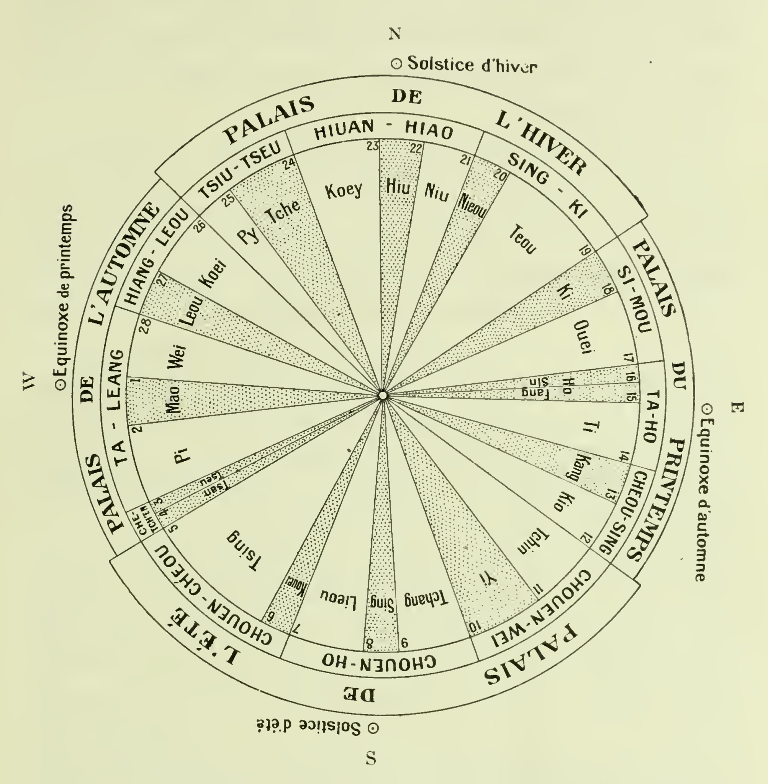


Fig. 6. — Projections des divisions sidérales sur l'équateur du 24me siècle.

mois de l'année d'après leurs levers acronyques, chaque mois (aussi bien en hiver et en été qu'au printemps et en automne)

était intervertie et où les constellations du *palais oriental* se levaient héliaquement au printemps. Cette hypothèse, basée sur des raisonnements fantastisques, a eu le mérite d'inciter son inventeur à écrire son remarquable ouvrage sur l'*Uranographie chinoise* où l'on peut constater que, même dans l'ère moderne, la succession des astérismes chinois continue à rester astrologiquement en rapport mois par mois avec les événements de l'année, cela dans l'ordre discontinu des palais célestes et conformément à l'état du ciel tel qu'il existait lors de la création de ces palais.

étant marqué par le lever successif d'une constellation à l'opposé du soleil couchant. Et le début de l'année était repéré, comme nous l'avons vu dans le précédent article sur le zodiaque lunaire, par le lever acronyque de l'*Epi de la Vierge,* probablement contrôlé par le fait que la dernière pleine lune de l'année était celle qui avait lieu à droite de cette belle étoile écliptique, tandis que la pleine lune se produisant à sa gauche était la première de la nouvelle année.

Dans cette période primitive, où le calendrier était basé sur des repères sidéraux, il ne saurait être question de solstices et d'équinoxes; car l'emploi des repères sidéraux, si imparfaits, provient précisément de ce qu'on ne conçoit pas encore les phases tropiques. Aussitôt que l'on s'avise d'observer la longueur de l'ombre pour déterminer son maximum, fût-ce avec une erreur de plusieurs jours, on entre dans une nouvelle phase, celle de l'astronomie et du calendrier tropiques. Cette phase qui, pour les Grecs, ne commence qu'avec l'école d'Alexandrie, est marquée, dès la haute antiquité chinoise, par deux documents : les trigrammes de *Fou-hi* et le texte du *Yao-tien* qui définissent l'année tropique avec une incomparable précision [1].

Dorénavant, et pendant quarante siècles, le calendrier chinois reste basé sur la date du solstice d'hiver. Toutefois, les traditions uranographiques qui associaient la succession des levers acronyques d'étoiles aux évènements de la vie agricole n'allaient pas, à cause de cette réforme, disparaître radicalement. Elles subsistèrent, mais elles ne furent maintenues que dans les deux quartiers du ciel correspondant aux saisons équinoxiales (printemps et automne) tandis que l'avènement de l'astronomie tropique les fit supprimer dans les deux quartiers solsticiaux (hiver et été). Un compromis (tout-à-fait conforme au génie chinois et dont j'ai montré d'autres exemples analogues) s'établit entre l'ancien système et le nouveau, entre l'ancienne méthode lunaire et la nouvelle méthode solaire. Ce compromis était d'ailleurs imposé par la force des choses : on ne pouvait pas continuer à associer à l'été la région du ciel où on observait le solstice d'hiver et d'autre

[1] Ce texte sera étudié plus loin. Sur la distinction des phases primitives, voyez Prolégomènes d'astronomie primitive comparée, *Arch. Ph. et Nat., Juin 1907.*

part il semblait impossible d'attribuer à l'automne la constellation printanière du Dragon, inébranlablement attachée aux réjouissances du Nouvel-an et au symbolisme du renouvellement annuel de la vie [1]. L'avènement de l'astronomie solaire n'extirpa donc pas l'astronomie lunaire traditionnelle et les quatre quartiers équatoriaux du firmament furent attribués, en part égale, aux deux grandes puissances métaphysiques qu'étaient la Lune et le Soleil. La lune conserva les quartiers équinoxiaux Printemps et Automne, le soleil reçut les quartiers solsticiaux Hiver et Eté [2].

Pour confirmer cette interprétation de l'interversion des palais célestes, il était désirable de pouvoir l'appuyer sur un texte mettant en rapport les saisons solsticiales avec le soleil et les saisons équinoxiales avec la lune. Une pareille trouvaille n'était guère à espérer, car les Chinois ont perdu, bien avant l'ère chré-

[1] Devant me limiter, ici, aux considérations proprement astronomiques, je renvoie le lecteur à mes *Origines de l'astronomie chinoise* dans la Revue sinologique *T'oung pao* où il trouvera les développements d'ordre éthique, et me borne aux renseignements indispensables. Sur le palais céleste du printemps s'étend la longue constellation du Dragon (sans rapport avec notre constellation de même nom) qui se levait acronyquement, d'une manière progressive, au cours de cette saison. En premier lieu apparaissait *La Corne (Kio) du dragon* (l'Epi de la Vierge, 1re grandeur) puis le *Cou (Kang)* le *Cœur (Sin)* et la *Queue (Wei).* Le lever acronyque de *Kio,* comme on peut le voir sur la figure 6, correspondait au *primum ver,* un mois et demi avant l'équinoxe, et marquait le Nouvel-an comme nous l'avons dit à propos du zodiaque lunaire. Tous les mythes sidéraux, le symbolisme politico-religieux et l'étymologie des appellations stellaires du Palais oriental roulent sur ce thème de l'association du Dragon au printemps, dont il est l'emblème.

[2] Si mon hypothèse est exacte, il doit s'ensuivre que l'uranographie des deux palais sidéraux de l'hiver et de l'été a été complètement remaniée puisqu'elle a cessé de correspondre à la saison qu'elle représentait dans la période primitive. Or cela se vérifie, comme je le montrerai ailleurs. Remarquons simplement ici que les noms des dodécatémories de l'été (voy. p. 199) sont systématiques et artificiels, de même que celui de la division solsticiale *(Hiuan-hiao)* qui signifie *Le tronc d'arbre creux et pourri,* symbole du solstice d'hiver et du maximum du *Yin* parce que l'élément froid et humide est censé pourrir le côté des arbres tourné vers le Nord. Les astérismes des palais solsticiaux représentent les symboles philosophiques de la saison, mais non plus les occupations civiles et agricoles telles qu'on les trouve dans le palais de l'automne où on voit défiler : la Pêche, les Tas de foin, les Paniers à récolte, la Chasse, la Foire, les Châtiments, la Guerre (les exécutions capitales avaient lieu en automne, ainsi que les expéditions militaires), etc.

tienne, le souvenir de cette réforme, de même qu'ils ont oublié la symétrie originelle de leurs *sieou*[1]. Mais le ritualisme chinois conserve, sinon l'explication, du moins les vestiges du passé : j'ai découvert, non sans une vive satisfaction, le texte désiré, aussi net qu'on pouvait le souhaiter, dans le rituel de la troisième dynastie *(Tcheou li)* où il est dit à propos des devoirs du Grand astrologue : « *Aux solstices d'hiver et d'été* [*il observe*] *le soleil, aux équinoxes du printemps et d'automne* [*il observe*] *la lune,* afin de pourvoir au règlement des quatre saisons ». Un des

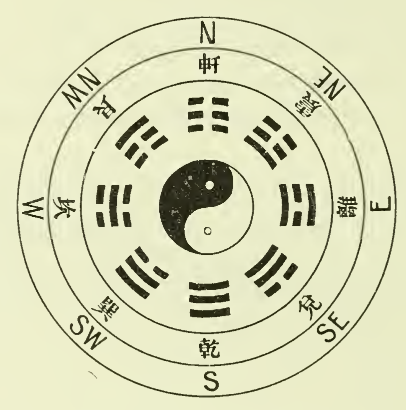


Fig. 7. — Trigrammes de *Fou-hi*. Au centre, le symbole du Cosmos représentant le *yin* et le *yang*.

commentateurs ajoute : « Sous la dynastie *Tcheou* le soleil, aux solstices, se trouvait dans *Nieou* et *Kouei,* la *pleine lune,* aux équinoxes, se trouvait dans *Kio* et *Leou* « (fig. 6). Ce texte, on le voit, ne corrobore pas seulement mon hypothèse au sujet du caractère solaire des palais solsticiaux et lunaire des palais équinoxiaux ; il atteste encore, grâce à la tradition révélée par le commentaire, que cette association de la lune avec les palais équinoxiaux reposait sur l'observation du lieu sidéral de la pleine lune. Il confirme ainsi ce que j'ai avancé au sujet du principe du zodiaque lunaire et de l'application de ce principe dans la période archaïque de l'astronomie chinoise[2].

[1] Cf. *Arch. ph. et nat.*, Juillet 1907, Avril 1919.

[2] En dehors de ce texte précieux, je ne connais que deux autres documents conservant la tradition du principe du zodiaque lunaire : 1° l'idéo-

Interversion des palais célestes. — Après cette digression explicative, nous pouvons revenir à la corrélation des palais et des saisons. Mais remarquons tout d'abord que l'expression « interversion des palais équinoxiaux (p. 197) est inexacte si l'on se place au point de vue des origines ; car, en réalité, comme nous venons

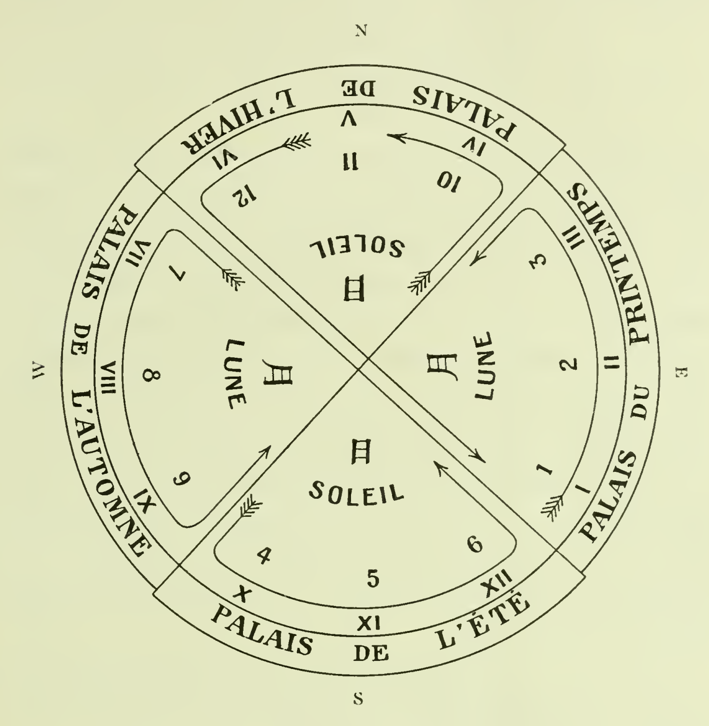


Fig. 8. — Ordre discontinu des saisons sidérales chinoises.

de le montrer, ce sont précisément les palais équinoxiaux qui n'ont pas varié et ce sont les palais solsticiaux qui ont été intervertis par suite de l'adoption de la méthode solsticiale.

Le maintien des quartiers du printemps et de l'automne dans leur ancienne fonction lunaire n'a pas seulement permis de

graphie du mot *lung* signifiant « lever de la lune » et qui s'orthographie avec les signes de la lune et du Dragon, allusion à la pleine lune printanière se levant avec les étoiles du Dragon ; 2° le fait que le Dragon est souvent représenté avec une boule rouge devant sa gueule ouverte. Cette boule représente évidemment la pleine lune qui, à la fin de l'hiver, venait

conserver le symbolisme du Dragon printanier et des deux frères *Sin* et *Tsan* qui se poursuivent dans le ciel ; il a présenté aussi l'avantage de concilier la révolution annuelle avec la révolution diurne en lui donnant le même sens, celui des aiguilles d'une montre :

E	*Matin*	Palais du Printemps	☾	*(par opposition)*
S	*Jour*	Palais de l'été	⊙	
W	*Soir*	Palais de l'automne	☾	*(par opposition)*
N	*Nuit*	Palais de l'hiver	⊙	

Toutefois cette conciliation n'est que partielle. Elle se manifeste si l'on considère les quatre dates cardinales de l'année, mais elle est mise en défaut si l'on entre dans le détail des mois, car elle ne saurait empêcher le soleil et la lune de parcourir leurs palais en sens inverse de la révolution diurne. L'année civile commence au SE, à l'étoile *Kio, princeps signorum,* d'après la méthode du zodiaque lunaire, à l'opposé du soleil ; viennent alors les trois mois du printemps 1, 2, 3 où la pleine lune a lieu dans le Dragon. Puis arrive l'été, soumis à la méthode solaire et l'on doit alors sauter du NE au SW, pour continuer jusqu'au SE et bondir ensuite au NW, au début de l'automne dont les trois pleines lunes ont lieu en 7, 8, 9 ; pour sauter encore du SW au NE au début de l'hiver, saison solaire qui se termine, avec l'année civile, au NW, d'où l'on revient au Nouvel-an recommencer le cycle au SE.

Si donc nous numérotons de 1 à 12 les dodécatémories à partir de *Cheou-sing* [1], le *princeps signorum,* les douze mois de l'année suivront les dodécatémories suivantes :

	Printemps			Eté			Automne			Hiver		
Mois	1	2	3	(4)	(5)	(6)	7	8	9	(10)	(11)	(12)
Dodécatémories	1	2	3	10	11	12	7	8	9	4	5	6
Palais	E			S			W			N		

se présenter devant la gueule du Dragon sidéral. « Quand le Dragon tient enfin sa perle, dit le poète, il cesse de dormir ». Le sommeil du Dragon sous terre en hiver, son réveil au printemps lorsqu'il apparaît au ciel, tel est le mythe développé dès la première page de l'antique *Yi-king.* La boule rouge qui réveille le Dragon ne peut donc être que la pleine lune.

[1] Voyez le tableau de la p. 199. *Cheou sing* signifie : l'étoile de la Longévité. C'est un surnom de l'étoile *Kio* (la Corne du Dragon) repère archaïque du Nouvel-an ; il fait allusion aux souhaits rituels de longévité exprimés à l'occasion de la nouvelle année.

Tel est l'ordre sidéral que suivent les ouvrages d'astrologie chinois en indiquant, saison par saison, les astérismes correspondant à la succession des douze mois de l'année, ordre auquel Schlegel s'est conformé, avec raison, dans son *Uranographie*.

Les signes chinois. — Les noms de nos constellations zodiacales grecques ont un double emploi : dans le sens sidéral, ils désignent des régions du firmament; dans le sens tropique, ils représentent les douzièmes de la course annuelle du soleil. Ce sont à la fois des constellations et des signes. A leur acception en tant que signes est attachée l'emploi des figurations idéographiques ♈ ♉ ♊, etc. Autrement dit, les noms des constellations sont devenus des noms de mois solaires.

Ce dualisme se trouve également en Chine, mais il est inverse. Ce ne sont pas les constellations qui ont donné leur nom aux divisions mensuelles de la révolution solaire. Ce sont au contraire les signes idéographiques affectés dès la haute antiquité aux douze mois lunaires qui ont servi à marquer le rang des constellations.

子	=	N
丑		
寅		
卯	=	E
辰		
巳		
午	=	S
未		
申		
酉	=	W
戌		
亥		

Les signes chinois diffèrent encore des signes grecs par des particularités (invariablement méconnues par les auteurs occidentaux, Ginzel, par exemple) qui dérivent des principes généraux de la méthode chinoise.

1° Ils ne sont pas écliptiques mais équatoriaux.

2° Leur point de départ n'est pas à l'équinoxe mais au solstice.

3° Ce point de départ ne fait pas coïncider les points cardinaux tropiques avec l'*origine* du signe mais avec son *milieu*. Ceci résulte du fait que les dates cardinales de l'année chinoise marquent le *milieu* et non l'*origine* des saisons, et que chaque saison (ou palais céleste) contient trois dodécatémories (fig. 5).

4° Les signes grecs ont été détachés de leur région sidérale par la loi de précession et ne correspondent plus aux constellations homonymes. Il n'en est pas ainsi en Chine. Les signes sont rivés aux dodécatémories et aux palais célestes. Ils sont immuables comme nous le verrons à propos des preuves de l'antiquité du système.

5° Ils s'appliquent indistinctement, d'après le principe unificateur du système chinois, à l'équateur et à l'horizon. C'est dire qu'ils désignent aussi bien les heures-doubles de la journée que les divisions azimutales et les douzièmes de l'année. Les signes équinoxiaux, par exemple, qui, à l'origine, figuraient une porte ouverte et une porte fermée, désignent aussi bien 6 h. du matin et 6 h. du soir, l'Est et l'Ouest, ou l'équinoxe du printemps et de l'automne. Les 12 signes servent ainsi de figuration commune à la division homogène de l'équateur, de l'horizon, de l'année et du jour [1].

II. Preuves de l'antiquité du système.

La quadrature tropique. — Le système chinois, par sa division en quatre palais équatoriaux subdivisés en 12 dodécatémories et en 28 *sieou*, est un bloc solidaire, immuablement attaché à la situation sidéro-solaire telle qu'elle se présentait à l'époque de sa création. Les dodécatémories et les palais comprennent, en effet, des groupes déterminés de *sieou*, c'est-à-dire des astérismes remontant à une haute antiquité et dérivant du zodiaque lunaire asiatique. Il suffit donc de regarder quel est le *sieou* central de chaque palais pour savoir (dans la limite de l'exactitude des observations antiques) où étaient, à l'origine, les équinoxes et solstices, par conséquent pour savoir à quelle époque il fut créé [2].

[1] L'analyse de leur idéographie montre qu'à l'origine ils représentaient les douze mois de l'année dualistique, par conséquent tropique. Les Chinois se servent de ces douze signes, comme nous le faisons de nos lettres et chiffres (A, B, C, 1°, 2°, 3°....) pour toutes les énumérations, par exemple pour désigner les sommets d'un triangle, etc.

A côté de cette série duodénaire existe une autre série de 10 signes correspondant aux cinq palais, que nous étudierons à propos de la théorie des cinq éléments. Ces deux séries existaient déjà dans la haute antiquité.

[2] Une situation analogue existe dans notre astronomie : nos douze signes zodiacaux ont été institués par l'Ecole d'Alexandrie en utilisant onze constellations déjà existantes auxquelles on ajouta celle de la Balance sur l'emplacement de l'équinoxe d'automne ; Hipparque égalisa cette division en donnant 30 degrés de longitude à chaque dodécatémorie. Mais après qu'il eût découvert la mobilité du pôle et de l'équateur, il fallut se décider à fonder la division précise du ciel, ou bien sur la graduation stellaire de l'écliptique ou bien sur la graduation tropique. On se décida, avec raison,

Ces *sieou* cardinaux, qui forment ce que j'ai appellé la *quadrature tropique* du système, sont: *Hiu* (N); *Fang* (E); *Sing* (S); *Mao* (W); ils sont marqués, d'une manière indélébile, par les signes cardinaux (voy. p. 199), qui désignent en Chine les phases tropiques aussi clairement que la foudre et le caducée désignaient aux Grecs Jupiter et Mercure.

Aussitôt que les Chinois furent en possession d'une formule à peu près exacte pour la précession des équinoxes, ils s'occupèrent de calculer la date de l'époque créatrice et, après de longues discussions qui mettent en lumière la pauvreté de leur logique, ils la fixèrent au 24e siècle avant notre ère, supputation que nous contrôlerons plus loin[1].

Identification des étoiles. — Nous avons vu dans un précédent article comment les étoiles hindoues avaient été identifiées selon notre nomenclature. L'Arabe Albirouni, l'Anglais Colebrooke et autres, se sont adressés à des pandits qui leur ont montré les *Yogatârâ* dans le ciel (avec quelques variantes d'ailleurs peu importantes). Il en va autrement en Chine où la tradition astronomique n'est pas d'ordre privé mais officiel. A partir de l'année

pour cette dernière solution. Il en est résulté que la limite stellaire des mois et des saisons varie dans le firmament suivant la rétrogradation des points équinoxiaux et que rien ne rappelle à notre œil leur situation originelle au temps des Alexandrins. Il n'en est pas de même en Chine : les étoiles qui marquent le milieu et les limites des palais (c'est-à-dire le milieu et les limites des saisons antiques) sont restées les mêmes; l'astrologie et la métaphysique leur attribuent toujours l'influence correspondant à leur rôle originel. Et ce rôle est toujours marqué par les douze signes qui symbolisent leur situation tropique.

[1] La découverte de la précession montre bien la différence qui sépare le génie grec de l'esprit chinois. Il suffit à Hipparque d'une seule observation antérieure, celle que Timocharis avait faite 122 ans avant lui, pour comprendre qu'il s'agissait d'une loi de la nature, envisager les deux hypothèses de la mobilité de l'écliptique ou de l'équateur, rejeter la première et déterminer à peu près les conditions de la deuxième. En Chine, au contraire, où l'ingénieux système des palais célestes marquait dans le ciel l'état originel des saisons, les astronomes constatèrent passivement pendant plus de vingt siècles la discordance entre la situation réelle et celle du système, sans songer ni à modifier les palais célestes ni à analyser leur déplacement progressif. Ils se contentèrent, d'après le déterminisme physico-moral de leur philosophie, d'admettre que les cieux se dérangeaient, attribuèrent cette altération à la décadence des mœurs et en conclurent qu'il fallait révérer dans la haute antiquité l'âge d'or où, grâce à l'omniscience et à la

104 avant J.-C., où les *sieou* furent mesurés à la clepsydre par la commission impériale chargée de rétablir le calendrier sous la forme antique et normale de la 1re dynastie, nous possédons, dans l'histoire canonique de chaque dynastie de l'ère moderne, la définition des *sieou*, d'abord indiqués par leur amplitude équatoriale et le lieu sidéral du solstice d'hiver, puis, après l'invention des instruments gradués, par leur intervalle sur l'écliptique. Lorsque les Jésuites entrèrent en faveur sous *K'ang hi*, l'un d'eux fut nommé président du Tribunal des Mathématiques. Sous sa direction furent construits les beaux instruments de bronze emportés par les Allemands lors de l'occupation de Pékin en 1901. L'empereur le chargea de mesurer les coordonnées des 28 étoiles déterminatrices pour les insérer dans son grand dictionnaire encyclopédique [1]. Ce travail est donc officiel; il réunit les données de la tradition chinoise et la rigueur des méthodes européennes. Le P. Gaubil, avec l'aide de lettrés chrétiens, renouvela cette opération en 1726 avec des instruments plus perfectionnés. Ces déterminations concordantes suffisent déjà à établir le diagramme antique des *sieou* sans qu'il soit nécessaire de connaître le nom de ces étoiles, car le calcul de précession peut aussi bien s'appliquer à un point fictif qu'à un astre réel. Mais si l'on veut en outre préciser le nom occidental des *sieou* il peut subsister un doute entre de petites étoiles très voisines; il est alors utile de consulter les croquis uranographiques des traités chinois, où l'on voit la position des déterminatrices dans les groupes stellaires. L'identification est alors

sainteté des empereurs, le Ciel et la Terre se trouvaient en parfaite concordance.

C'est seulement au début de l'ère moderne, sous les *Han*, lorsqu'on constata de siècle en siècle la rétrogradation continue du lieu solsticial, que le phénomène fut signalé officiellement à l'empereur (en l'an 85 de notre ère) mais il fallut encore une centaine d'années pour qu'on y vit une loi permanente et, chose incroyable, on discuta ensuite pendant six siècles avant d'arriver à une évaluation satisfaisante de la précession.

Une fluctuation analogue se produisit, d'ailleurs, chez les Grecs de la décadence et chez les Arabes qui, au lieu de préciser les constatations d'Hipparque, crurent voir la précession changer de sens et la supposèrent alternante.

[1] Je rectifie à ce propos une erreur dans mon article des *Archives*, Juin 1907, p. 551, note 1. Au lieu de « avant J.-C. », lire : « après J.-C. ».

d'autant plus aisée que les Jésuites ont indiqué la grandeur des étoiles. Biot et Schlegel sont ainsi parvenus à des résultats concordants sauf quelques variantes insignifiantes.

Documents historiques de l'antiquité. — Si nous ne possédions absolument aucun document ni aucune tradition sur l'histoire de la Chine ancienne, en dehors de la description du système astronomique tel qu'il apparaît sous les *Han,* nous saurions tout de même qu'il provient de la haute antiquité puisque la date de son origine est inscrite dans la répartition sidérale de ses saisons. Mais un doute subsisterait toujours, dans l'esprit judicieux des historiens, peu enclins, comme on sait, à se confier aveuglément aux preuves déduites des mathématiques. Avant de faire état des preuves astronomiques, il convient donc de montrer qu'elles sont légitimées par les textes et la tradition.

Documents des Tcheou. — Sous cette longue dynastie qui dura huit siècles (1050-250) le système astronomique est celui-là même qui est décrit dans les traités des *Han.* Ces traités, d'ailleurs, relèvent de la dynastie *Tcheou* puisqu'ils sont la reproduction des ouvrages astronomiques des 4me et 3me siècles [1]. Mais, au-delà du 4me siècle, nous ne possédons plus que des documents fragmentaires. Toutefois, grâce à l'unité du système chinois dont toutes les parties sont solidaires et symétriques, ces textes partiels suffisent à reconstituer l'ensemble.

1° En ce qui concerne le nombre des *sieou* (28), il est indiqué dans le rituel de la dynastie [2] et dans le traité *Tcheou-pi* qui explique la manière de mesurer leur amplitude, fixe le lieu sidéral du solstice dans *Nieou,* décrit le gnomon à trou et la méthode pour orienter le méridien d'après les élongations de la polaire. D'autre part, comme je l'ai montré dans le *T'oung pao,* la répartition des 28 *sieou* dans les dodécatémories, à raison de 3 *sieou*

[1] Il est donc inexact de prétendre, comme l'ont fait les indianistes Weber et Whitney qu'il n'existe pas de liste des *sieou* chinois antérieurs à l'incendie des livres.

[2] Il est indiqué, non pas à propos d'astronomie mais à propos des règles rituelles de la construction du char de l'empereur, vestige très intéressant de la religion d'Etat, astronomique, de la haute antiquité. La caisse de ce char doit être carrée pour représenter la Terre, et surmontée d'un dai rond pour représenter le Ciel, divisé en 28 rais. Autour du char sont quatre bannières représentant les quartiers du ciel.

dans celles qui sont cardinales et de 2 *sieou* dans les autres, est spécifié dans un traité du 4e siècle et impliqué par des fragments bien antérieurs. En outre, il se trouve, à l'état latent, dans des listes astrologiques tellement anciennes que l'orthographe de leurs termes est déformée au point que les sinologues, faute de connaître le symbolisme astronomique, y voyaient des formules incompréhensibles, d'origine exotique, probablement hindoue, transcrites phonétiquement en chinois[1].

2° La correspondance entre les palais célestes, les points cardinaux de l'horizon, les dodécatémories et les *sieou* cardinaux se trouve indiquée dans une multitude de textes (plusieurs centaines), soit directement, soit par l'intermédiaire de la théorie des cinq éléments et du symbolisme zoaire (que nous avons laissés provisoirement de côté parce qu'ils ne font pas nécessairement partie du système essentiel et primitif). Je me bornerai ici à quelques exemples typiques, faciles à saisir.

a) Une anecdote astrologique du *Tso tchouan,* se rapportant à l'année 532, prédit une famine parce que la planète Jupiter se trouvait « irrégulièrement » dans la dodécatémorie *Hiuan-hiao.* L'association de cette dodécatémorie (dont le nom est solsticial, comme nous l'avons vu) à l'idée de famine provient de ce que le solstice d'hiver marque l'apogée du principe négatif *Yin.* Et le texte ajoute: « *Hiu* (le *sieou* solsticial) est au milieu de *Hiuan-hiao.* » Si l'on se reporte au tableau de la p. 199, on verra que ce texte confirme que la dodécatémorie *Hiuan-hiao* se composait de trois *sieou* et que le *sieou* central *Hiu* était considéré, astrologiquement, comme solsticial, quoique l'on sut fort bien à cette époque que le lieu actuel du solstice était dans *Nieou.*

b) Le philosophe *Ho kouan-tseu* dit que le Phénix réside dans la dodécatémorie *Chouen-ho* et qu'il est le symbole du principe *yang. Chouen-ho* est en effet au centre du palais méridional qui correspond au solstice d'été et au maximum du principe *yang.*

c) L'antique dictionnaire *Eul ya* dit que *Mao* s'appelle la

[1] Ces listes se composent de 12 termes et de 5 termes symbolisant les dodécatémories et les divinités des palais célestes. Dans celle de 12 termes les appellations sont formées de 2 ou de 3 mots suivant que la dodécatémorie comprend 2 ou 3 *sieou,* au total 28 mots.

Voie de l'ouest. Le *sieou Mao* est en effet au centre du palais de l'automne, et représente l'ouest. On voit par là que la division du firmament, en palais, dodécatémories et *sieou,* correspondant à la fois aux saisons et au tour azimutal de l'horizon, est bien, sous la dynastie *Tcheou* celle que nous voyons décrite sous les *Han.* On pourrait multiplier ces exemples.

3° Ce système, basé sur la quadrature tropique, est essentiellement solsticial; nous pourrions l'affirmer alors même qu'aucun texte ne nous renseignerait sur la méthode d'observation employée. Tel n'est pas le cas; l'usage du gnomon est spécifié dans le rituel de la dynastie *Tcheou* qui indique également les longueurs de l'ombre aux solstices d'hiver et d'été [1]. Le traité astronomique *Tcheou pi,* qui spécifie le lieu sidéral du solstice dans *Nieou,* décrit en outre le gnomon à trou [2]. Dans les anecdotes du *Tso tchouan* on voit un prince honorer de sa présence l'observation du solstice parce que sa date tombait sur un jour faste. Confucius, dans son ouvrage d'histoire, note la négligence par suite de laquelle, faute d'avoir intercalé, le solstice d'hiver tomba en dehors du mois solsticial, etc.

Documents des première et seconde dynastie. — Nous savons fort peu de chose sur les dynasties des *Hia* et des *Yin* (2100 à 1050). On n'en a conservé que le nom des souverains et quelques documents (Tribut de *Yu*, Harangue à *Kan,* Traité *Hong-fan,* etc.) insérés dans le *Chou-king.* D'autres chapitres de ce livre canonique (qui existait bien avant Confucius mais fut revisé par

[1] Le P. Gaubil (dans le recueil de Souciet publié en 1732) remarque que ces longueurs d'ombre ne s'accordent pas exactement avec la latitude de la capitale des *Tcheou* et il suggère (vue prophétique digne d'être notée par les historiens de la science) que peut-être l'écliptique n'avait pas autrefois la même inclinaison. Laplace, après avoir déduit théoriquement de la mécanique céleste la nécessité de cette loi, cherchait avidement quelque document historique témoignant de sa réalité. On devine sa joie en découvrant le renseignement de Gaubil sur le solstice du *Tcheou-li.* Cette ancienne observation chinoise fut consacrée par la discussion qu'en fit le grand mathématicien et par son insertion dans la *Connaissance des Temps.*

[2] Le *Tcheou pi* a été traduit par Ed. Biot dans le *Journal asiatique* de juin 1841. Le gnomon percé d'un trou fut ensuite oublié par les Chinois jusqu'au jour où l'astronome *Kouo Tcheou-king* réinventa ce procédé (vers l'an 1300) en munissant son gnomon d'une plaque métallique percée d'un trou qui précise l'indication de l'ombre.

lui) montrent l'idée que l'on se faisait, vers le XIIIe ou Xe siècle, de la période antérieure. Nous possédons en outre un calendrier de la première dynastie. De ces divers documents résultent les constatations suivantes :

1° La théorie des cinq éléments existait déjà sous les premières dynasties.

2° La direction du service astronomique était réservée à de très hauts dignitaires, princes féodaux. Sous prétexte de les punir d'une négligence à accomplir les rites lors d'une éclipse de soleil, on dirige contre eux les troupes impériales. Dans une autre occasion, une armée est envoyée contre un prince auquel on fait grief de mépriser les *Cinq éléments* et les règles calendériques.

3° Le calendrier de la 1re dynastie est le calendrier normal correspondant au système astronomique des Chinois, où le milieu des saisons marque les équinoxes et solstices. Confucius désapprouvait les changements introduits par les 2e et 3e dynasties[1].

4° La religion d'Etat astronomique, vénérée mais démodée et mal comprise sous les *Tcheou* et les *Han,* était encore vivace. La résidence du *Chang ti,* Etre suprême auquel le Fils du Ciel rendait un culte ancestral, résidait au pôle céleste. L'empereur terrestre, l'homme Unique, résidait au centre du monde et l'Empire était représenté par une série de carrés concentriques formant des zones successives d'autant plus barbares qu'elles s'éloignaient de la capitale.

Documents de la haute antiquité. — Au-delà des dynasties régulières se place une période légendaire (du 28e ou 22e siècle), antérieure au bronze d'après une tradition chinoise, où règnent une série de souverains dont les premiers semblent mythiques tandis que les derniers, quoique entourés de légendes, ont une certaine consistance historique. Fait extrêmement remarquable, ces monarques sont présentés comme s'occupant spécialement des

[1] Le début de l'année civile fut avancé : d'un mois par les *Yin,* de deux mois par les *Tcheou*, de trois mois par les *Ts'in*. Lorsque les *Han*, (l'an 104 avant J.-C.) eurent enfin le loisir de restaurer l'astronomie et le calendrier, négligés au cours des siècles d'anarchie féodale, ils rétablirent le calendrier de la haute antiquité qui subsista jusqu'à l'intervention des Jésuites.

choses du ciel. *Houang ti* et *Yao,* surtout, sont considérés comme omniscients en astronomie, comme les créateurs de la science et du calendrier. D'après la chronologie traditionnelle qui avait cours sous les *Tcheou,* ils vivaient aux 24e et 23e siècles avant notre ère, précisément à l'époque où les équinoxes et solstices coïncidaient avec le milieu des quatre palais équatoriaux du système chinois.

Pour que la démonstration fût complète il faudrait un texte mettant explicitement en rapport le milieu des quatre saisons avec le milieu des quatre palais. Mais comment pourrait-on espérer une pareille trouvaille, alors que les documents antiques sont si rares et si peu objectifs? — Ce hasard prodigieux s'est cependant réalisé. Le seul texte qui nous soit parvenu de cette époque reculée est ce débris de calendrier qui a été enchassé dans la légende de *Yao,* au premier chapitre de *Chou king:*

Le jour moyen et l'astérisme Niao *servent à fixer le milieu du printemps.*

Le jour maximum et l'astérisme Ho *servent à fixer le milieu de l'été.*

La nuit moyenne et l'astérisme Hiu *servent à fixer le milieu de l'automne.*

La nuit maxima et l'astérisme Mao *servent à fixer le milieu de l'hiver.*

L'année a 300 + 60 + 6 jours. Au moyen du mois intercalaire on règle les quatre saisons[1].

En dehors de ce texte, merveilleusement explicite dans sa symétrie bien chinoise, nous possédons d'autres documents non moins précieux de la période créatrice.

1° Les trigrammes de *Fou-hi,* dont on ne conteste pas la haute antiquité car, à une époque où l'on connaissait leur origine déjà lointaine, ils ont été amplifiés par le roi *Wen,* père du fondateur de la dynastie *Tcheou,* qui les développa en 64 hexagrammes dont il fit la base du livre de divination *Yi king.*

[1] *Ho* désigne l'ensemble des deux petites divisions *Sin* et *Fang* (nos 4 et 5) et plus spécialement l'étoile Antarès.

L'astérisme *Niao* (oiseau) désigne l'astérisme central de l'*Oiseau* qui s'étendait sur tout le palais méridional (dont les dodécatémories indiquent la tête, le cœur et la queue), c'est-à-dire le *sieou Sing* (no 25, fig. 5).

Ces trigrammes qui symbolisent, comme nous l'avons vu, l'évolution annuelle, diurne et azimutale des principes *yin* et *yang,* sont considérés par les Chinois comme antérieurs à *Yao.* Le texte vérifie cette tradition, car il implique la théorie dualistique en opposant la *nuit moyenne* ☵ de l'automne au *jour moyen* ☲ du printemps. L'automne correspond en effet au soir et au principe *yin,* tandis que le printemps correspond au matin et au principe *yang.* Ainsi apparaît, dès la haute antiquité, cette équivalence entre la révolution diurne et la révolution annuelle, qui caractérise le système équatorial des Chinois [1].

2° La liste et les coordonnées des 28 étoiles telles qu'elles figurent, par exemple, dans le dictionnaire de *K'ang hi.* C'est là un document bien moderne ; mais c'est précisément ce qui en constitue la valeur : car si l'on reporte ces 28 étoiles, par le calcul, sur l'équateur de l'antiquité, on voit se manifester l'admirable symétrie révélée par le diagramme publié ici en juillet 1907. Cette symétrie, comparée à celle des *nakshatra,* révélée ici en avril 1919, jette un jour nouveau sur la question du zodiaque lunaire asiatique et sur la phase primitive de l'astronomie chinoise. En ce qui concerne la période créatrice, elle établit plusieurs faits importants :

[1] Cette équivalence et ce caractère équatorial se manifestent encore d'une autre manière dans le texte par le fait qu'il met en rapport le milieu des saisons et le milieu des palais d'après leur situation à 6 heures du soir. Aux dates cardinales (équinoxes et solstices) les points cardinaux de l'équateur (qui ont une ascension droite de 0^h, 6^h, 12^h, 18^h et que nous désignerons par les signes ♈, ♋, ♎, ♑) se succèdent au méridien à 0^h, 6^h, 12^h, 18^h. — Aux dates cardinales, ces signes passent respectivement au méridien à midi; les signes ♋, ♎, ♑, ♈, à 6^h du soir, les signes ♎, ♑, ♈, ♋, à minuit, et ainsi de suite. Le texte, débris d'un antique almanach, indique la situation à 6^h du soir parce que c'est dans la soirée que le public suit du regard le progrès de la révolution sidérale. Il ne faut pas prendre à la lettre de la traduction les mots « *servent à fixer* ». L'année solsticiale se détermine par le gnomon et il est impossible de découvrir la date tropique par un procédé sidéral. D'ailleurs le texte dit : « *Le jour moyen* et l'astérisme *Niao* » ; on ne supposera pas que les Chinois avaient des chronomètres pour déterminer l'équinoxe ou le solstice d'après la durée du jour. Il ne s'agit pas ici d'un moyen pratique de déterminer les saisons (voyez les *Archives* de juin 1907, p. 537). Le texte exprime l'idée mystique d'après laquelle ces quatre astérismes sont prédestinés à marquer le milieu des saisons sidérales.

a) Dès la haute antiquité les *sieou* sont délimités par des étoiles isolées, non par des astérismes[1].

b) La précision des astronomes antiques, inspirée par un profond sentiment religieux, est bien supérieure à celle de leurs successeurs. On ne trouve rien de comparable sous les *Tcheou*. Cela justifie la haute idée que l'on eut alors de l'astronomie antique.

c) Le lieu sidéral des solstices et équinoxes (dont la connaissance à permis aux créateurs du système de désigner les astérismes centraux des palais célestes) a été déterminé, grâce à cette symétrie diamétrale, d'après l'observation du lieu sidéral de la pleine lune, la date tropique étant fournie par le gnomon.

d) L'opposition des *sieou* a été établie d'après leur passage au méridien avec les circompolaires, ce qui permet de créer une symétrie *diamétrale* mais non pas *quadrantale*. Le diagramme montre qu'on n'a pas cherché la symétrie quadrantale[2], ce qui explique pourquoi l'équinoxe d'automne sort déjà de la division cardinale au 24e siècle.

e) Au point de vue chronologique il faut donc se baser sur le couple des *sieou* solsticiaux, qui indique franchement le 24e siècle, et non sur celui des *sieou* équinoxiaux qui indique le 25e et le 24e siècle[3].

Le palais central et l'étoile polaire antique. — Il existe encore une autre source de documentation au sujet de l'époque où fut créé le système astronomique des Chinois.

Nous avons vu, en effet, que ce système se compose de cinq

[1] Si j'ai traduit, dans le texte du *Yao-tien* le mot chinois *sing* par *astérisme* c'est parce qu'il signifie à la fois étoile et astérisme, et qu'il n'y a pas d'inconvénient à concéder philologiquement le sens *astérisme* puisque celui d'*étoile* est démontré par la symétrie.

[2] Voyez fig. 6. — Si l'on avait recherché la symétrie quadrantale, on se serait dispensé d'introduire le couple hétérogène 4-16.

[3] Ajoutons que la date ainsi indiquée est celle de la *création du système* et non pas celle du règne de *Yao*, comme l'ont cru les astronomes chinois modernes par suite de leur vénération pour le premier chapitre du *Chou king*. Le contexte, dans lequel le précieux document astronomique a été enchassé, représente en effet l'empereur *Yao*, omniscient, révélant à ses astronomes la connaissance des quatre astérismes cardinaux. Mais depuis que Chavannes a montré qu'il s'agit d'un fragment de calendrier incorporé à la légende de *Yao*, il est devenu évident que la création de la quadra-

palais célestes : un palais central et quatre palais équatoriaux. Nous n'avons considéré jusqu'ici que ces derniers et constaté que la quadrature de leurs milieux représente les équinoxes et solstices du 24e siècle. Mais le palais central, lui aussi, a un milieu, marqué par l'étoile polaire. Or le mouvement qui déplace les équinoxes et solstices dans le firmament provient de la révolution du pôle et amène au cours des siècles l'avènement et le détrônement successifs des étoiles dites polaires. Le traditionalisme méticuleux des Chinois a conservé intact le système où sont inscrits les équinoxes et solstices de la haute antiquité. Mais il a conservé également les noms des étoiles qui marquèrent autrefois le centre du ciel, résidence de l'*Empereur d'en haut*. Et ces noms nous apprennent quelle fut l'étoile polaire de la période créatrice.

ture des palais sidéraux peut être antérieure au règne de *Yao*. C'est d'ailleurs *Houang-ti* qui est représenté dans les légendes comme le fondateur du système chinois. Or, d'après l'ancienne chronologie traditionnelle, en faveur au temps des *Tcheou*, ce monarque régnait au 24e siècle avant notre ère. La chronologie combinée au 11e siècle de notre ère, qui place *Houang-ti* au 27e siècle, est basée sur un calcul astronomique faussé par l'idée préconçue que la quadrature tropique date de *Yao*.

OBSERVATIONS GÉOLOGIQUES

SUR LA

RÉGION PÉTROLIFÈRE DE RYPNE

EN GALICIE

PAR

ARNOLD HEIM

Zurich.

(Avec 3 planches).

Introduction.

Au courant de l'été 1918 l'auteur a eu l'occasion d'étudier en détail le bord septentrional des Carpathes (études commencées en 1913) et surtout la région productive de Rypne-Perehinsko, de laquelle les publications géologiques existantes ne donnaient pas une idée nette. On sait que la plupart des feuilles de l'Atlas géologique au 1:75000 de la Galicie sont inutilisables; cela est surtout le cas pour la région de Rypne-Perehinsko et sa prolongation vers le SE. Pour ne pas s'égarer il est préférable de n'employer sur le terrain que la carte topographique au 1 : 75000, ou, si possible, celle de l'état major au 1 : 25000. Aucune carte géologique à cette dernière échelle des régions compliquées du bord carpathique galicien n'a été encore publiée. Tout récemment, Julius Noth [1], a terminé un livre sur la région pétrolifère des Carpathes qui contient de nombreuses observations intéressantes concernant les forages et les productions, sans éclaircir cependant d'une manière précise et moderne les conditions géologiques. La méthode suisse de dessiner systématiquement sur le terrain n'est encore introduite que par quelques grandes sociétés privées d'exploitation (Premier, Opiag, etc.) qui ne publient pas leurs rapports géologiques.

[1] Julius Noth, *Verbreitung der Erdölzone in den Karpathenländern*, etc., Verlag Hans Urban, Wien, 1917.

La région de Rypne est située au SE de la Galicie, à 20 km au SE de la ville de Dolina, près du bord frontal de la chaîne des Carpathes.

A une distance de plus de 50 km, entre le champ pétrolifère moderne et magnifique de Bitkow[1] (forages profonds) et la ville de Dolina existent trois vieux champs productifs dans des conditions géologiques très différentes :

1. *Majdan,* où l'on a pratiqué des forages peu profonds, dans l'Eocène chevauché qui prend la forme d'un dôme anticlinal fermé, étroit, dirigé vers le SSE-NNW (voir fig. 3).

2. *Perehinsko,* au bord de la grande plaine, dans des conditions et à des profondeurs variables qui ne sont pas éclaircies. (Les profils de forages déjà rares ont été détruits par l'invasion russe).

3. *Rypne,* le seul endroit où la production a pu être maintenue jusqu'à ce jour. On arrive depuis Dolina (station du chemin de fer Stryj-Stanislau) en voiture, ou depuis la station de Krechowice par chemin de fer à voie étroite au village de Duba, d'où l'on se rend à pied en 40 minutes à Rypne (planche I).

Stratigraphie.

Profil spécial de l'Eogène de Rypne. — Le profil éogène normal de la série chevauchée affleure nettement vers le Horodynski-Potok, directement au SE de l'église du village de Rypne où se trouve le champ pétrolifère productif, et plus au SE dans le ruisseau qui coule au NW du point 802 ; les 2 affleurements, qui se complètent, permettent d'établir la coupe suivante :

2. *Eocène*[2]. — *b)* Série argilo-*siliceuse,* en bancs minces de silice, jaunâtres ou verdâtres, alternants avec des marnes verdâtres, environ 400 m.

c) Grès vert en bancs épais (en aval du petit pont près du puits Wladislaw n° 3), avec des couches marneuses, 100 m ? se terminant vers le haut par un banc de 1 m de conglomérat grossier à galets de quartzite verte.

d) Marnes vertes et bleues, tendres, 30 à 50 m.

[1] Voir l'étude détaillée de E. Siegfried, *Die Naphtalagerstätten des Umgebung von Solotwina, Verlag für Fachliteratur*, 1912.

[2] Les mêmes numéros se trouvent sur les planches et sur les figures.

e) Marnes jaunâtres en plaquettes, environs 10 m., passant à des marnes verdâtres claires (1-2 m), qui forment le passage de l'Eocène à l'Oligocène.

3. *Oligocène inférieur. — a)* Complexe inférieur, composé de:

α Schistes bitumineux noirs (Schistes ménilitiques), 5 m ; passant à

β Silex en bancs noirs (opale ménilitique), 6 m, donnant lieu à une chute d'eau remarquable, passant à

γ Couches siliceuses, denses, peu calcaires, brunâtres à l'intérieur, blanches ou jaunâtres à l'extérieur, visibles sur 5 m, épaisseur totale de peut-être 10 m.

b) Schistes sableux à mica, bitumeux, brunâtres ou noirs à l'intérieur, environs 40 m.

Grès clair en bancs durs, recouverts par des schistes ménilitiques, 50-100 m, ensuite série principale de grès ménilitiques en bancs compacts de 1-20 m, à gros grains de quartz et de glauconie, séparés par des schistes non ou très peu pétrolifères, environ 100 m.

Schistes ménilitiques à bancs de grès rarement pétrolifères, 200 m ?

c) Marnes grises, contenant quelques bancs de calcaire dolomitique dense à surface jaune (à 50 m à l'ouest du point 793, et se prolongeant vers Lecówka-Dubszara).

Stratigraphie générale de la région Rypne-Spas.

Crétacique. — Dans la région entre Dolina et Perehinsko je n'ai observé le Crétacique que sous la forme des couches de Ropianka bien connues, qui constituent une masse chevauchante vers Lecówka, à 3 km à l'ouest de Rypne ; ce sont des calcaires gris, sableux, roux, en bancs durs et irréguliers, alternant avec des marnes grises, faciès du Flysch. Le grès de Jamna n'a été observé nulle part dans la région bordière indiquée.

Eocène. — L'éocène étant chevauché sur la série ménilitique, on ne connaît pas la base primaire de cette série si importante aux environs de Rypne[1] ; sa puissance est de 600 m au moins.

[1] Le contact de ces deux étages est bien exposé dans la region plus interne de Skole, par une carrière au NE de ce village. Là les bancs épais

a) La série commence par des marnes rouges et vertes (comme, par exemple, dans le ravin au N des puits Polonia et dans les forages voir Bela, pl. II, pr. 4).

b) Ensuite vient une série argilo-siliceuse importante, décrite p. 218, qui prend une grande extension dans la zone bordière des Carpathes galiciennes. A Majdan, au SE de Perehinsko, elle forme cœur de la voûte anticlinale du champ productif. (Pl. III, fig. 3). C'est à la surface anticlinale de ces couches que Hempel a ouvert le puits célèbre de Grabownica de la Société Galicia, qui est devenu productif à 390 m, après avoir traversé cette série. A Rypne l'épaisseur est aussi de 300-400 m. La perforation par le trépan est très facile et rapide.

L'étude microscopique en coupe mince faite d'un banc siliceux de Rypne-Homotówka a permis d'établir la diagnose suivante : Calcédoine fibreuse, qui s'éteint entre 2 nicols presque simultanément dans toute la coupe. Dans la masse de calcédoine se trouvent de nombreux grains de quartz anguleux et arrondis, jusqu'à 0,1^{mm}, parfois avec une marge sombre, corrodée; de petits grains de glauconie et quelques microorganismes siliceux mal conservés (Agglutinantia, Radiolaires?).

c) Série des *Grès verts* et conglomérats, atteignant à Rypne 100 à 200 m. (Pl. III, fig. 1). Le contact exact avec *b* n'est pas découvert. Au sommet se trouvent des bancs conglomératiques, faciès qui domine à la Czeczwa et qui donne par places une faible odeur de pétrole.

d) Série des *Marnes bleues* ou verdâtres, parfois schisteuses par pression latérale (Boryslaw). Ces couches tendres n'affleurent que dans les ruisseaux. Dans la série chevauchée de Rypne elles ont une épaisseur de 30 à 50 m, de même à la Czeczwa au SE de Spas, où elles contiennent des galets d'un aspect exotique et reposent directement sur le conglomérat *c*. A Boryslaw, ces marnes bleues atteignent 150 m environ, peut-être à cause d'empilement tectonique; elles contiennent de nombreux blocs de grès, provenant de bancs broyés, et de quartzites vertes.

e) *Marnes en plaquettes* (Plättchenmergel), jaunâtres ou blanchâtres à la surface sèche, et marnes verdâtres, 10 à 15 m. Malgré

du grès de Jamna passent rapidement à un banc de 6 m de marnes verdâtres et rouges.

l'épaisseur faible cet horizon semble s'étendre jusque dans la Galicie occidentale, où il a été retrouvé par le Dr Max Mühlberg[1] exactement à la même place, sans qu'il soit mentionné dans la littérature. Chaque fois que l'éocène supérieur est visible dans les ruisseaux des environs de Rypne, on retrouve les marnes en plaquettes caractéristiques en dessous du Silex ménilitique.

Sous le microscope on observe dans la pâte marno-calcaire dense quelques grains de quartz anguleux de 0,01 m, de glauconie et des foraminifères mal conservées (Globigérina).

Oligocène (Série ménilitique). — Le profil de Rypne (p. 219) nous a montré que la sédimentation marine de l'Eocène a changé rapidement sans interruption. Les couches de passage ont même l'aspect de dépôts profonds.

a) La sédimentation oligocène commence à Rypne avec le faciès caractéristique de la série importante mélinitique de l'Oligocène inférieur :

α Schistes ménilitiques bitumineux épais de quelques mètres, faciès bien connu. Ils passent rapidement à

β Silex (Menilitopal), un des horizons les plus constants et les mieux caractérisés des Carpathes galiciennes. D'après une coupe mince il semble que l'opale s'est transformée en calcédoine grenue.

Le vrai Silex noir, formant des bancs de quelques centimètres à 30 cm. au plus, se transforme vers le haut en :

γ Couches siliceuses claires, qu'on ne peut distinguer à l'œil nu du célèbre « Monterey shale » du Miocène inférieur de la région pétrolifère de la Californie. L'étude de plusieurs coupes minces de ce Shale de Rypne et de l'Opor au NE de Skole, où ce niveau présente exactement le même aspect, permet la diagnose suivante : silice dense, peu calcaire, avec petits grains de quartz, de glauconie de 0,07mm, de pyrite, des traînées de calcite à grains très fins, d'un minerai jaune ferrugineux, rarement de mica, et quelques fois de microorganismes (foraminifères).

Ces trois horizons *α-γ* forment le groupe inférieur de la série ménilitique. Il est à remarquer qu'à Rypne l'horizon pétrolifère

[1] Je remercie mon collègue de cette intéressante communication.

désigné par K. Tolwinski comme « *Grès de Boryslaw* » *en dessous du Silex fait complètement défaut*[1].

b) Au-dessus du groupe siliceux, à Rypne aussi bien qu'à la Czeczwa, se trouve d'abord un complexe de 30 à 50 m. de schistes mélinitiques bruns et bitumineux, ensuite vient le premier complexe de *grès* au-dessus du Silex. Dans la série chevauchée de Rypne les bancs de grès sont gros et grossiers, glauconieux. Ce faciès gréseux atteint son maximum de 100 à 200 m au-dessus du Silex. Tandis que dans la série chevauchée de Rypne je n'ai pu observer aucune imprégnation pétrolifère à ce niveau, celui-ci est nettement pétrolifère à la Czeczwa. A 3,5 km au S de Spas ce niveau gréseux est composé de 80 m environ de bancs de grès de quelques décimètres à 1 mètre chacun, séparés par des schistes bitumineux. Parmi ceux-ci il en est qui sont nettement pétrolifères, tandis que la plupart contiennent à peine des traces de pétrole. Le niveau gréseux apparaît de nouveau dans le noyau anticlinal à Spas, où il forme des bancs épais compacts, nettement pétrolifères (voir pl. II, pr. 2 et pl. III, fig. 2).

Le faciès sableux décrit ci-dessus est remplacé vers le haut par une série épaisse de 200 m au moins de schistes bitumineux bruns ou noirs.

L'épaisseur totale des couches ménilitiques inférieures *a-b* de Rypne à Spas semble varier de 300 à 500 m.

c) Au-dessus des deux groupes inférieurs ménilitiques *a-b* se trouve partout une série de marnes grises qui contiennent des bancs gréseux et des bancs durs de calcaire dense, probablement dolomitique, de 1 à 5 dm, gris-bleuâtres à l'intérieur et souvent d'un jaune frappant à l'extérieur. Ceci les distingue des couches de Dobrotów. Je désigne provisoirement ces couches peu connues sous le nom de *Couches de Lopianka* (Lopiankaschichten)[2] d'après le village à l'ouest de la Czeczwa où elles sont excellemment exposées dans le lit du Potok Maniawka au-dessus de l'embouchure du Potok Krzywa à l'ouest du village, intercalées norma-

[1] Voir Arnold Heim, Boryslaw, *Arch.*, en cours d'impression.

[2] Rudolf Zuber, dans son récent volume *Flisz i Nafta,* Lwów 1918, p. 140, semble connaître ces couches grises en les nommant « Warstwy polanickie » (couches de Polanica). Cependant il les dessine *au-dessus* des schistes mélinitiques et les synchronise avec les couches de Dobrotów de l'avant-pays autochtone.

lement dans le flanc SW de l'anticlinal entre la série inférieure et la série supérieure des schistes bitumineux mélinitiques. L'épaisseur normale est de 100 à 200 m.

J'ai rencontré les Couches de Lopianka vers la rivière Opor où elles forment le noyau du synclinal de Pobuk[1], à Engelsberg, 12 km au SW de Dolina, à Lopianka, Spas, Dubszara et Lecówka, toujours dans le même niveau stratigraphique et dans la même zone tectonique bordière. Sans cela il serait difficile de les distinguer des couches oligocènes de Dobrotów ou des couches crétaciques.

d) Série supérieure des *Schistes ménilitiques.* Elle peut être particulièrement bien observée entre Lopianka et Grabów, où l'épaisseur visible est de 200 m environ. On ne peut pas distinguer ce faciès des schistes ménilitiques inférieurs. Quelquefois il y a des couches grises entre les couches bitumineuses brunes et noires, de même qu'il existe des schistes noirs intercalés dans les couches grises de Lopianka. La coupe mince de schiste noir de Grabów n'est presque pas transparente. On peut cependant y distinguer quelques petits grains de quartz, de calcite et de glauconie, ce qui démontre de nouveau le faciès marin de toute la série ménilitique.

Les couches *d* représentent le niveau le plus élevé intracarpathique de la région Rypne-Spas-Dolina que j'ai trouvé.

La totalité de la série menilitique à Rypne-Spas peut être estimée à 700 à 1000 m, dont plus de la moitié sont formés de schistes bitumineux, faciès sapropélique marin caractéristique de la base jusqu'au sommet. Il est difficile de se rendre compte des masses énormes de matière organique accumulée!

Miocène. — Pour étudier les formations susménilitiques il faut connaître l'avant-pays carpathique en dehors de notre région. C'est au SE de la ville de Dolina que j'ai trouvé, à deux endroits, le contact extérieur des schistes ménilitiques : marnes grises avec quelques bancs de grès gris, en superposition normale et concordante avec passage de 0,5 m au-dessus des schistes ménilitiques, plongeant au contact 60 à 80° NE! Trois questions se posent :

1. Est-ce là déjà la vraie argile salifère miocène, célèbre par la

[1] Là, d'après Zuber, elles offrent une source de pétrole que je n'ai pas réussi de retrouver. Dans la feuille Skole N° 17 de l'Atlas géologique de la Galicie 1901, Zuber prend ces couches grises pour « Menilitschiefer ».

grande saline de Dolina, déposée directement sur la série ménilitique?

2. S'agit-il de couches de Dobrotów prenant le faciès d'argile salifère?

3. Les couches ménilitiques moyennes et supérieures *c-d* sont-elles l'équivalent des couches de Dobrotów de l'avant-pays autochtone suivant l'idée de R. Zuber?

Le problème est encore compliqué par le fait que le contact en question semble appartenir au flanc NE de l'anticlinal de Spas, anticlinal chevauché comme nous verrons à Rypne.

Origine du pétrole.

Dans son travail très important de 1912, après avoir reconnu le grand rôle des chevauchements, Siegfried[1] déduit la théorie (émise il y a plus de 50 ans par Fötterle) que les schistes ménilitiques bitumineux sont la seule source primaire du pétrole de la Galicie, qui a émigré de là sous la pression tectonique, dans les autres formations superposées. D'autres géologues, comme Höfer et Zuber, maintiennent, par contre, l'idée que d'autres gisements primaires existent encore, dont les plus importants sont ceux de l'Eocène.

D'après mes recherches sur le terrain et le résultat des forages profonds de Boryslaw faits ces dernières années, par lesquels on a rencontré des horizons très riches dans l'Eocène autochtone à 1200-1700 m de profondeur, l'idée de Siegfried ne peut être maintenue. Je doute même que le pétrole des grès si riches de la série ménilitique dérive des schistes bitumineux qui les accompagnent, pour les raisons suivantes :

1. Les schistes bitumineux ménilitiques fournissent beaucoup de pétrole par la distillation destructive artificielle, mais ne contiennent guère du pétrole primaire. Le chloroforme se colore très peu ou pas du tout.

2. La plupart des grès poreux intercalés dans les schistes bitumineux sont stériles.

3. Le gisement le plus productif de la série ménilitique est le

[1] Erich Siegfried, *Die Naphtalagerstätten der Umgebung von Solotwina, Verlag für Fachliteratur*, 1912, p. 42.

grès puissant situé à la base de la série oligocène autochtone, appelé grès de Boryslaw (Tolwinski) entre les marnes éocènes et le silex, tandis que dans la partie supérieure (niveaux *c-d*) je ne connais aucun grès pétrolifère commercial.

Ces considérations m'ammènent à la conclusion qu'il existe dans la série ménilitique des grès *pétrolifères primaires* (comme dans la molasse aquitanienne suisse où des schistes bitumineux n'existent pas[1]), dérivés de sables sapropéliques, sans que leur pétrole soit émigré des couches schisteuses qui les encadrent. Le pétrole s'est déplacé seulement le long des couches gréseuses en se concentrant dans les parties anticlinales sous la pression tectonique.

TECTONIQUE.

Rypne. — En allant de Duba vers Rypne, on traverse d'abord la série des schistes ménilitiques, verticales ou plongeant fortement vers le SW, qui forment la colline 565 et le flanc NE du Bahoniec 633 m. Puis, à l'entrée du village de Rypne, sur la pente W du Bahoniec on rencontre des couches éocènes typiques avec des marnes rouges, aussi plus ou moins verticales. A Rypne même se montrent de nouveau des schistes ménilitiques contournés ou plongeants WSW sous la seconde zone d'éocène qui forme le côté W de la vallée de Rypne sur plus d'un kilomètre de largeur, plongeant de plus en plus régulièrement (10 à 30°) W. Voici un profil normal des plus complets, où la série éocène de 600 à 700 m d'épaisseur est régulièrement recouverte par la série ménilitique (voir p. 219).

Il semble donc que la seconde zone éocène est *chevauchée* sur les schistes ménilitiques de Rypne. Evidemment *tous les forages productifs du côté W de la vallée ont traversé la série éocène pour entrer dans les schistes ménilitiques sousjacents. Le pétrole a son origine non dans l'ensemble des séries éocènes et oligocènes comme indiqué dans la littérature, mais seulement dans les grès de la série ménilitique oligocène.* Les échantillons de forage[2] ne laissent aucun doute à ce sujet. Non seulement ils correspondent avec la

[1] Arnold HEIM et Ad. HARTMANN, Unters. über die petrolführende Molasse der Schweiz, « *Beiträge* », *geotechnische Serie, Lfg.* 6, 13 pl., 36 fig., 1919.

[2] Mon collègue Max Frey de Zurich, Géologue employé par la Société « Premier » a eu la bonté de me montrer quelques séries d'échantillons.

géologie de la surface, en montrant que le plan de charriage s'approfondit de plus en plus vers l'ouest, mais aussi on est frappé de trouver des fragments broyés à surfaces lustrées de glissement aussitôt que l'éocène est dépassé.

Mais ce n'est pas un chevauchement normal. La zone des schistes ménilitiques de Rypne s'amincit vers le NW. Dans un ravin qui traverse la forêt de hêtres au S de la Duba (Sloboda Dubenska), on voit les couches ménilitiques plonger avec leurs axes d'ondulation de 10° vers le NW pour disparaître sous le fond de la vallée de la Duba.

Les zones éocènes des deux côtés, par contre, se joignent au NW de la Duba. Directement vers le NW du forage Triumph (pl. I et II) dans un ravin on traverse le contact éocène-oligocène avec les marnes en plaquettes (2 *e*) et le Silex, les 2 formations ayant une direction W 25° N et plongeant de 50 à 70° au SSW. Voilà donc un *contact normal de la série légèrement renversée.* Or, dans la direction du NW, ce flanc renversé se redresse à la verticale vers la montagne de l'Ozenowata (706 m), et de là les couches de contact éocènes-oligocènes forment une voûte normale et régulière, avec un flanc NE cependant plus raide. En outre, dans un ravin passant à 600 m. au SE du sommet Pohary (703 m) on peut mesurer directement *l'inclinaison axiale* sur le dos anticlinal formé par le grès vert éocène *c* qui plonge de nouveau 8 à 10° vers le NW ! De cette manière régulière l'Eocène comprenant les deux zones de Rypne, sur la pente SE du Pohary, s'enfonce définitivement sous sa couverture ménilitique normale.

Le ravin au NW du sommet 703 se trouve exactement sur la prolongation de l'axe anticlinal, les schistes ménilitiques (niveau *b*) plongeant de nouveau 10° vers NW (pl. III, fig. 2).

Il résulte de ces observations que *la zone axiale des schistes ménilitiques de Rypne est enveloppée par l'éocène chevauchée formant un faux anticlinal.*

C'est un synclinal renversé qui produit le pétrole, cas singulier, encore inconnu dans les régions pétrolifères, mais semblable d'une manière frappante à l'encapuchonnement de la Marwies au Säntis dans les Alpes Suisses[1].

[1] Albert HEIM, Das Säntisgebirge, « *Beiträge* » *1905, Atlas, pl. III (Mémoires carte géologique Suisse).*

Prolongation vers SE. — En considération de l'élévation axiale il faudrait supposer que vers le SE la zone éocène du Bahoniec devrait disparaître par érosion. Malheureusement les affleurements deviennent très précaires, et mes courses rapides à Perehinsko ne suffisent point à élucider la question de prolongation. Il faudrait parcourir d'abord tous les ravins de la montagne de Holiza (912 m) entre le Potok Radowa et la Lomnica. A 1300 m. au NE de ce sommet, près de son pied, dans une tranchée, j'ai vu l'Eocène plongeant de 25° au NW.

Est-ce l'anticlinal productif dit autochtone de Bitkow au-dessous du grand chevauchement Bitkow-Majdan, plongeant là vers SE, qui correspond à la couverture oligocène-miocène de la nappe encapuchonnée de Rypne ?

Prolongation vers NW. — Pour qui ne connaît pas Rypne, la structure tectonique de la vallée transversale de la Czeczwa semble être un anticlinal autochtone assez simple. L'inclinaison axiale est encore bien visible, quoiqu'accidentée par des « chutes » (Schnellen) et vraisemblablement aussi par des failles transversales (pl. III, fig. 2). Au genou de la Czeczwa de Spas le noyau anticlinal, formé par des grès gris compacts pétrolifères, plonge de 5 à 20° NW ; on y observe des ruptures longitudinales, dont la plus importante passe exactement par l'axe, le flanc SW étant abaissé. (Pl. II, pr. 2). A l'ouest de la Czeczwa on voit de nouveau des ruptures semblables au NE du Krasenka, avec un plongement axial de 10 à 15°, et de 6° au Potok Losoczny. Une chute d'axe extraordinairement forte intervient à $^1/_2$ km. au S de l'église détruite de Lopianka, où les couches ménilitiques plongent irrégulièrement de 20 à 50° vers NW et sont redressées à un point même jusqu'à la verticale (flexure axiale). Cet accident semble être la dernière inclinaison axiale vers le NW. Au NW du village de Lopianka, l'axe anticlinal semble plutôt se relever légèrement, en se déplaçant en même temps en une sorte de flexure horizontale vers le N (pl. II, et pl. III, fig. 2).

Le flanc NE de l'anticlinal de Spas se poursuit de Duba à Strutyn Wyźny et Dolina, le plongement principal des schistes ménilitiques passant de 60° au SW à 60° au NE. Vu l'épaisseur formidable, de 2 à 2,5 km., des schistes ménilitiques, il faut se demander, s'il n'y a pas là des paquets entassés sans charnières visibles.

De plus on peut se demander si à Spas et du côté SW de Dolina le noyau éocène est encore enveloppé en profondeur. A la surface rien de ce phénomène est visible, et sans l'existence de la fenêtre de Rypne, causée par l'élévation axiale, il serait impossible de déterminer la forme singulière du noyau anticlinal.

Autres anticlinaux enveloppés. — On trouvera probablement encore d'autres enveloppements sur le flanc N des Carpathes comme dans les Alpes.

Après une visite trop rapide dans la région dite autochtone de Sloboda Rungurska au SW de Kolomea, je me suis posé la question, si ce *gigantesque anticlinal répète, dans une zone plus externe, le phénomène tectonique de Rypne.* En effet, comme à Dolina-Spas, l'axe de l'anticlinal de forme normale (Dobrotów) s'élève de 10° environ vers le SE, où il s'ouvre jusqu'au noyau éocène et se couche fortement vers le NE (Sloboda). A Lucza enfin, dans la prolongation de l'axe, on rencontre une grande masse d'argiles bleuâtres, indiquées comme éocènes sur l'atlas géologique au 1 : 100 000 (Zuber), mais que je ne peux distinguer de l'argile salifère miocène. Dans la série des profils schématiques récents [1] de Zuber on est frappé par sa figure 87 qui indique de *l'argile salifère sous le noyau anticlinal éocène* au village de Sloboda Rungurska même.

Peut-être trouvera-t-on encore des encapuchonnements dans la région de Kosmacz-Akreszory au SE de Kolomea.

Nappe de Bitkow. — On sait d'après les recherches de Siegfried (loc. cit.) que la région de Bitkow chevauche sur l'avant-pays dit autochtone sous la forme d'une grande nappe de recouvrement, que je propose d'appeler nappe de Bitkow, et dont la partie frontale se continue vers le NW jusqu'aux montagnes isolées de Majdan. Mes courses rapides dans ce pays m'ont persuadé que dans leurs grandes lignes les observations de Siegfried sont justes [2]. Le chevauchement atteint une largeur visible de 10 km. à Maniawa, ce qui est probablement une petite partie du chevauchement total (pl. III, fig. 3).

[1] R. Zuber, *Flisz i Nafta*, Lwów, 1918.

[2] On peut noter ici que l'idée du chevauchement de Bitkow a été suggérée à M. Siegfried, alors assistant, sur le terrain par les géologues suisses Dr Jos. Erb et Dr Max Mühlberg.

En effet, à Liwce, 2 km au NE de la station de chemin de fer de Dolina, on trouve un bel affleurement artificiel de schistes noirs et gris ménilitiques plongeants de 40-50° au ENE. Il s'agit ici[1] d'un lambeau chevauché sur l'argile salifère miocène autochtone qui de son côté repose dans le forage actuel N° 2 de la Société « Galicia » à 550 m. normalement sur les couches de Dobrotów. Les schistes ménilitiques au N de Dolina représentent donc probablement une klippe isolée, prolongement de la nappe de Bitkow-Majdan.

D'où vient cette nappe? C'est à Maniawa que la nappe de Bitkow se divise par érosion en deux régions qui s'éloignent de plus en plus vers le NW. A Porohy on voit une série très puissante et régulière de couches rouges éocènes faiblement inclinées vers WSW, rappelant un peu la série chevauchée de Rypne. Mais derrière la nappe de Rypne, vis-à-vis de l'église de Lecówka, au Potok Lecówka, on voit des bancs roux de grès calcaire, contournés, du Crétacique, chevauchés sur les couches grises de la série mésoménilitique (couches de Lopianka) avec un morceau de grès vert éocène à traces de pétrole de 3 m d'épaisseur à la base de la série chevauchée (pl. I-II). Le plan de chevauchement plonge de 40° vers le SE.

On peut se demander s'il s'agit à Lecówka de la partie interne de la nappe de Bitkow-Majdan.

Production.

Tout le pétrole de Rypne provient des couches ménilitiques enveloppées en faux anticlinal. Les grès pétrolifères intercalés dans les schistes noirs se trouvent à différents horizons qui ne peuvent guère être parallélisés régionalement. Il est possible, mais non visible, que les horizons supérieurs montent vers le SE jusqu'à la surface.

Le pétrole cru est noir-verdâtre et d'une densité de 0,89.

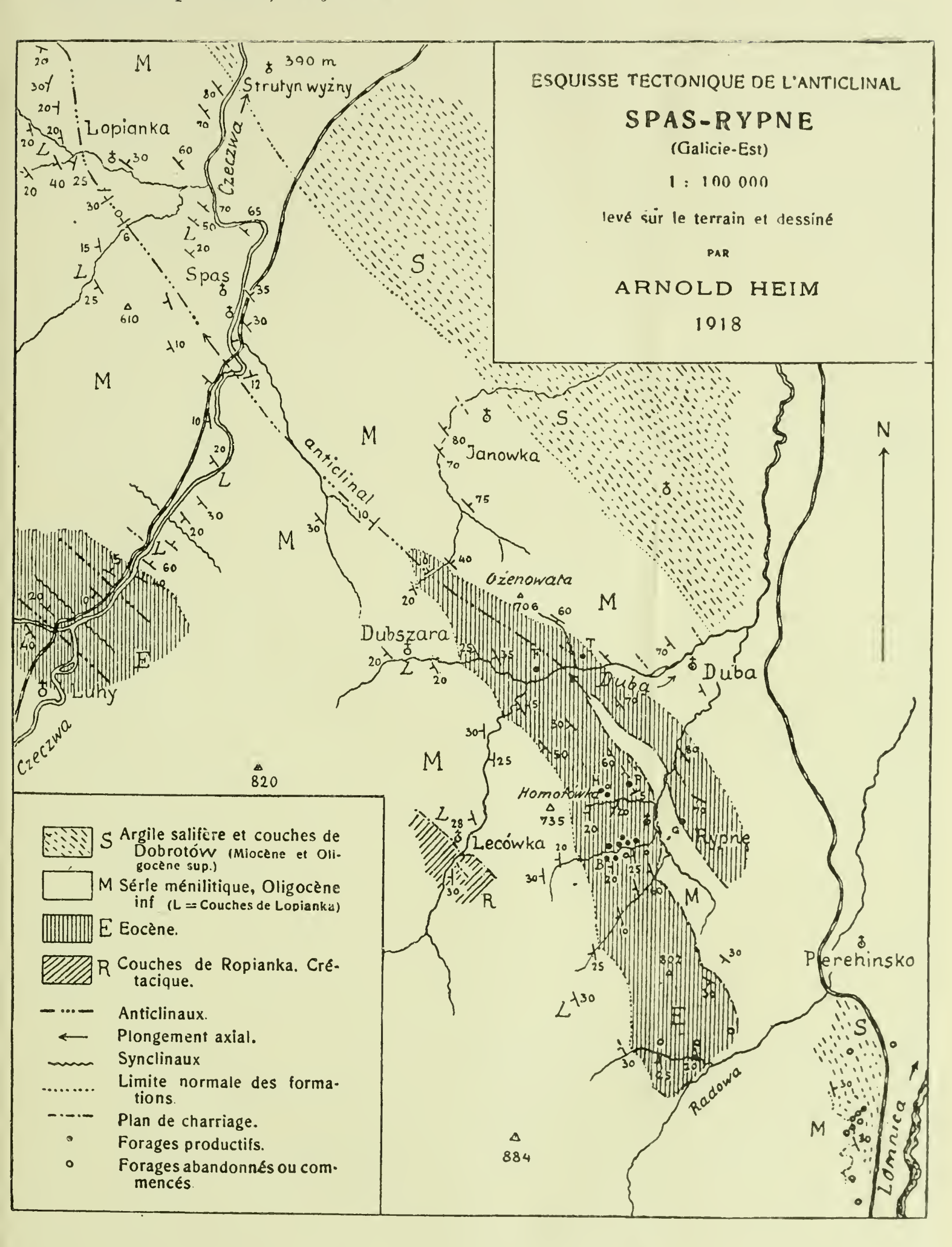
Parmi les puits on distingue le *vieux groupe* à l'Est du Rypne-Potok, avec le puits abandonné « Hannibal 17 » de 28 ans, et le

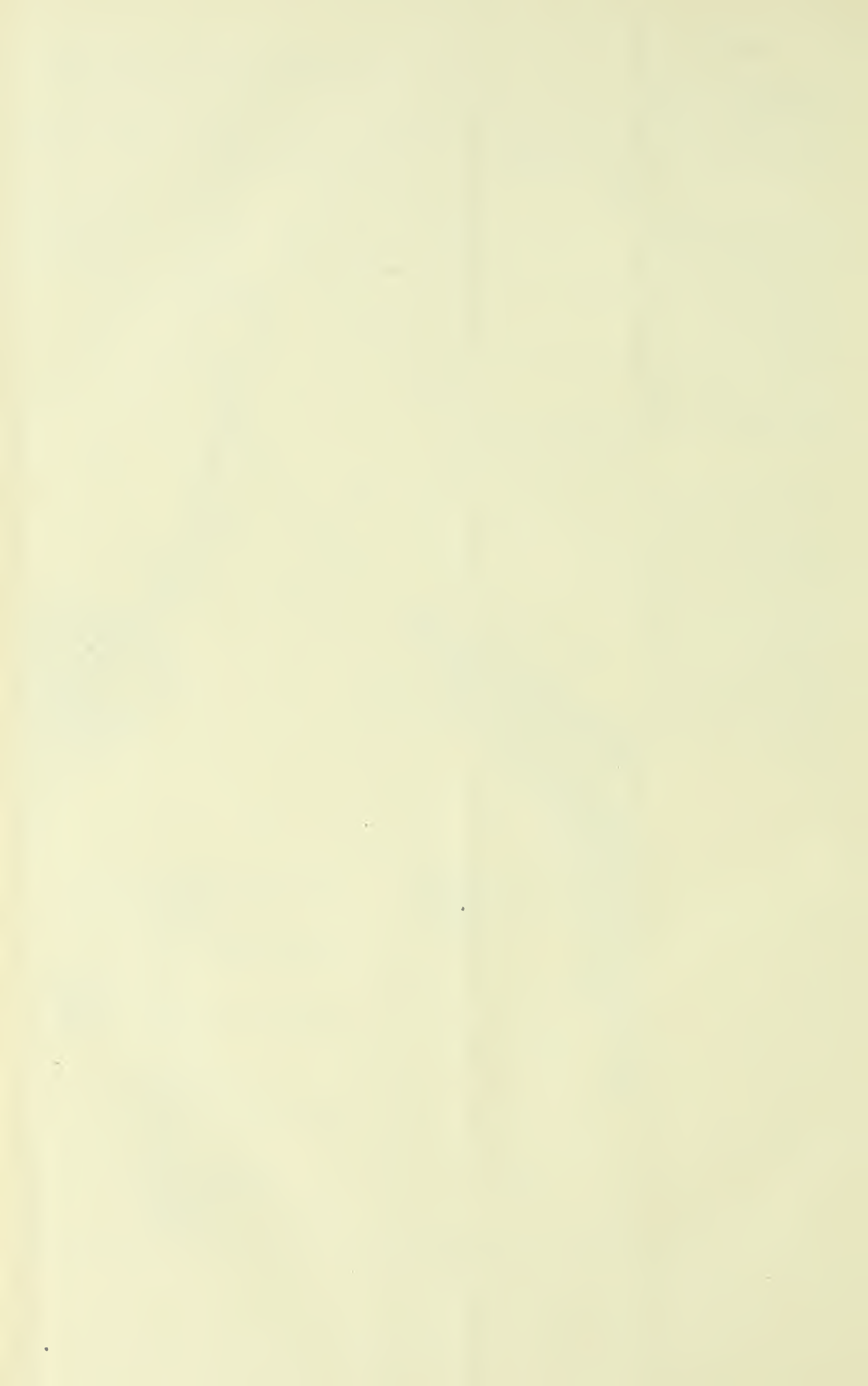
[1] M. le Prof. Dr C. Schmidt de Bâle, qui avait visité quelques semaines après moi cet endroit est arrivé à la même conclusion.

puits profond « Edouard » qui était pompé à 1050 m, « Johann » qui date de 18 ans est encore pompé chaque jour à main et fournit un wagon par mois; le dernier est le seul puits du côté Est encore productif.

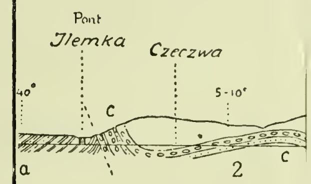
Le *groupe nouveau* se trouve à l'ouest du vallon, où les travaux de forage avancent encore rapidement. Les meilleurs résultats ont été obtenus à des profondeurs de 600 à 800 m, comme par exemple « Wladislaw N° 3 » qui, à l'aide d'éruptions périodiques, pompe encore 2 tonnes par jour. Le puits le plus profond « Bela » a traversé le plan de charriage à 550 m et produisait à 600 et 689 m; puis on l'a approfondi à 903 m où se fait actuellement le pompage sans que le niveau de l'eau soit atteint (pl. II, pr. 4).

En été 1918 la production totale de 7 puits était d'une dizaine de tonnes par jour. On travaillait au vallon voisin de Homotówka et on avait obtenu quelques résultats encourageants dans la prolongation NW à la Duba, où les horizons productifs, conformément à l'affaissement axial, sont déjà plus profonds (pl. II, pr. 3). Un forage récemment commencé sur l'axe anticlinal à Lopianka montrera si les horizons de la couverture normale ménilitique y sont productifs. Il ne sera guère possible d'atteindre le faux anticlinal ménilitique, si même cet enveloppement là existe encore en profondeur.


ESQUISSE TECTONIQUE DE L'ANTICLINAL
SPAS-RYPNE
(Galicie-Est)
1 : 100 000
levé sur le terrain et dessiné
PAR
ARNOLD HEIM
1918
S Argile salifère et couches de Dobrotów (Miocène et Oligocène sup.)
M Sérle ménilitique, Oligocène inf (L = Couches de Lopianka)
E Eocène.
R Couches de Ropianka. Crétacique.
Anticlinaux.
Plongement axial.
Synclinaux
Limite normale des formations.
Plan de charriage.
Forages productifs.
Forages abandonnés ou commencés
Lopianka
Strutyn wyżny
390 m
Czeczwa
Spas
610
anticlinal
Janowka
Ożenowata
706
Dubszara
Duba
Luhy
820
Homołówka
735
Lecówka
Rypne
Perehinsko
Radowa
Łomnica
884
N



SW



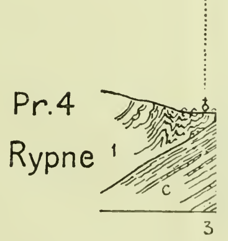
Pr. 2 Czeczwa

1 Crétacique.

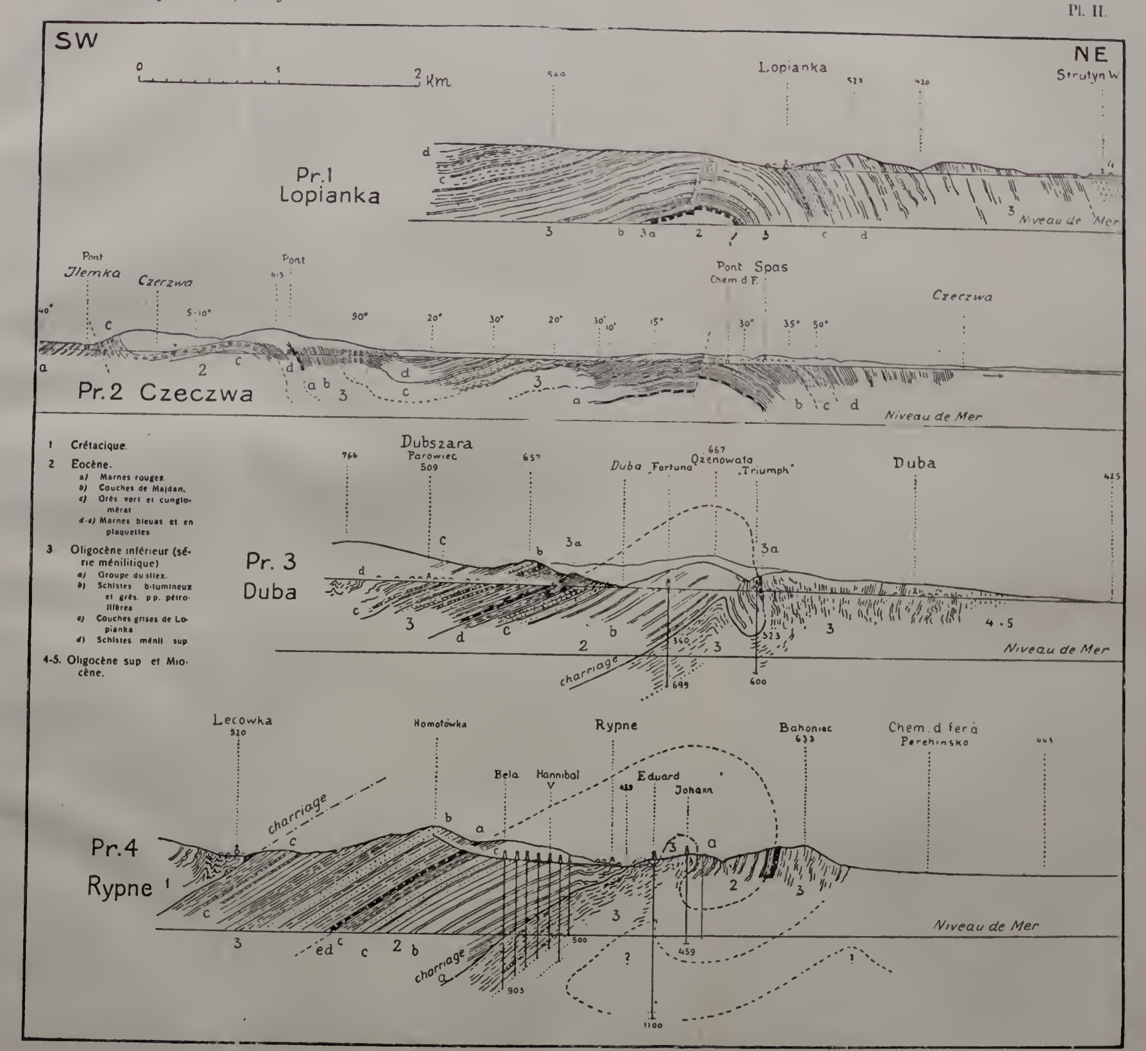
2 Eocène.
- a) Marnes rouges.
- b) Couches de Majdan.
- c) Grès vert et conglomérat.
- d-e) Marnes bleues et en plaquettes

3. Oligocène inférieur (série ménilitique).
- a) Groupe du silex.
- b) Schistes bitumineux et grès, p.p. pétrolifères
- c) Couches grises de Lopianka
- d) Schistes ménil. sup.

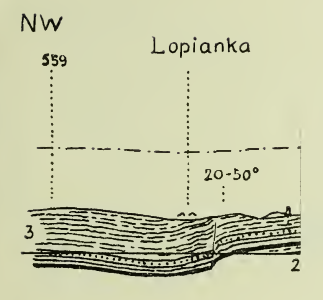
4-5. Oligocène sup et Miocène.



Pr. 4
Rypne



Profils de l'Anticlinal de Spas-Rypne, 1 : 35,000
levés et dessinés par Arnold Heim, 1918.


NW
559
Lopianka
20-50°
3
2

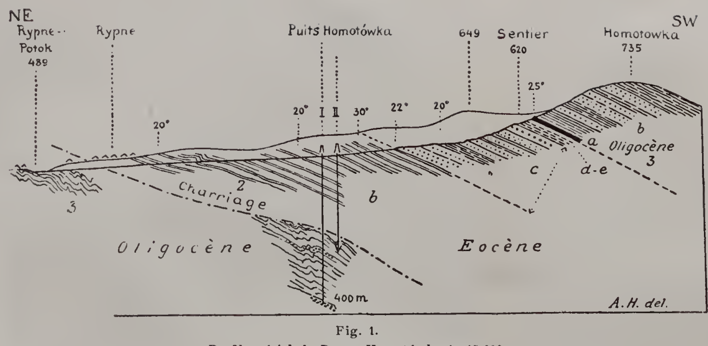


Fig. 1.
Profil spécial de Rypne-Homotówka 1 : 15.000.

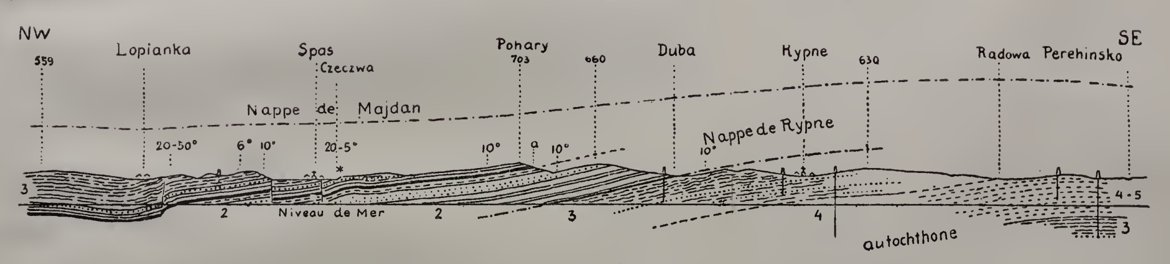


Fig. 2. — Profil longitudinal suivant l'axe de l'anticlinal de Spas-Rypne, 1 : 100.000
2. Eocène ; 3. Série ménilitique (Oligocène inf.) ; *a*. Silex ; * Grès pétrolifère ; 4-5. Oligocène sup. et Miocène.

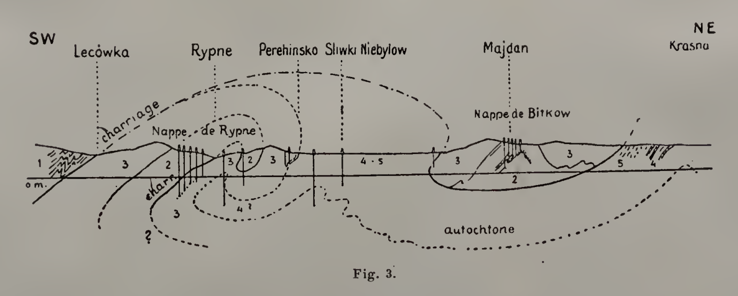


Fig. 3.

Schéma tectonique des environs de Perehinsko, Galicie, 1 : 125000.
1. Couches de Ropianka (Crétacique). 2. Eocène.
3. Série ménilitique (Oligocène inf.). 4. Couches de Dobrotów (olig. sup.).
5. Argile salifère, Miocène.

COMPTE RENDU DE LA SÉANCE

DE LA

SOCIÉTÉ SUISSE DE PHYSIQUE

tenue à Berthoud (Burgdorf) le 10 mai 1919.

Président : M. le Prof.-Dr P. GRUNER (Berne).
Secrétaire : M. le Dr Ed. GUILLAUME (Berne).

Partie administrative. — M. le prof. P. GRUNER, président, ouvre la séance à 10 $^1/_2$ heures. Sur la proposition de M. le Dr GUILLAUME, secrétaire-trésorier, l'assemblée modifie le paragraphe III, alinéa 3, des statuts, en portant à fr. 3.— la cotisation annuelle, et à fr. 40.— la cotisation unique de membre à vie.

Il est procédé à l'élection de six nouveaux membres.

Aug. HAGENBACH (Bâle). — *Une nouvelle répartition de raies dans le spectre du fer.*

Ayant pris avec du verre optique un spectrophotogramme d'un arc entre électrodes de zinc contenant du fer comme impureté, l'auteur constata un groupe de lignes du fer dans le voisinage de 500 $\mu\mu$, qui frappait par sa régularité. Des recherches plus précises sur ce groupe conduisirent aux résultats suivants :

Si l'on dessine le spectre en fonction des fréquences au lieu des

longueurs d'onde, on trouve deux ensembles de lignes formant des séries qui sont ordonnées de la même façon mais sont disposées symétriquement à partir d'un certain endroit du spectre. Autrement dit, si l'on rabat la partie gauche du spectre en fonction des fréquences, autour de cet endroit, on recouvre exactement la partie droite. L'un des côtés est ainsi l'image de l'autre.

Les lignes situées vers l'intérieur, à l'exception de la première, sont, des deux côtés, des doublets avec la même intensité à peu près pour les deux composantes. Comme on le voit sur le tableau 1, l'auteur a effectué le calcul avec la valeur moyenne des doublets. La disposition

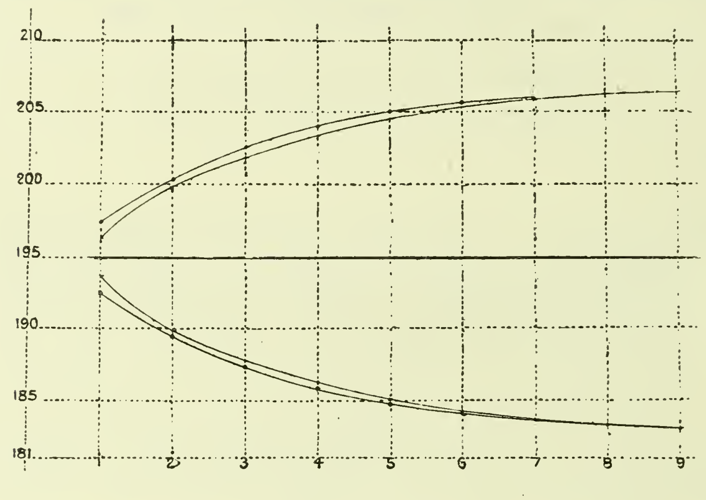


Fig. 1.

symétrique se constate le plus facilement en déterminant l'axe de symétrie pour chaque paire de lignes correspondantes (ligne et son image), et en comparant à chaque valeur particulière, la moyenne arithmétique de toutes les valeurs à l'aide de la valeur probable.

Dans le tableau 1, on trouve : dans la première rubrique, la numérotation (numéro d'ordre) des lignes ; dans la seconde, les doublets ; dans la troisième, les longueurs d'onde d'une série, utilisées pour le calcul ; dans la cinquième, les intensités d'après Kayser (*Handbuch der Spektroscopie*, t. 6) ; dans la sixième, les intensités évaluées par l'auteur sur le spectrophotogramme. Les rubriques 7, 8, 9 et 10 contiennent les nombres correspondants des raies de la partie droite.

Une comparaison complète des estimations des intensités indiquées dans les diverses publications sur le spectre du fer, montre que les intensités apparaissent de grandeurs très différentes, vraisemblable-

ment selon les temps de pose. Des lignes faibles rattrapent des lignes plus fortes avec des expositions plus longues, parce que le noircissement atteint une limite.

Dans le tableau, on a indiqué les fréquences sous ν_e et ν_r, ainsi que l'axe de symétrie $\frac{\nu_e + \nu_r}{2}$. La moyenne a été calculée avec les lignes comprises entre 2 et 9 ; les deux lignes portant le numéro 1 n'ont pas été utilisées, parce qu'elles n'ont été trouvées qu'à l'aide de la construction graphique. L'emploi des erreurs δ et δ^2 donne pour l'erreur probable $\pm$ 5,7, c'est-à-dire 0,15. U. A.

Dans ce groupe de lignes s'en emboîte un second, que l'on a pu trouver en faisant systématiquement des photogrammes avec des temps de pose différents.

Le tableau 2 contient ce groupe avec des désignations analogues. L'axe de symétrie se trouve à une distance de 2,45 U. A. de celui de l'autre groupe. L'exactitude de la loi est la même. Les lignes 8 et 9 du côté gauche n'ont pas été trouvées, peut-être parce qu'elles sont trop faiblement lumineuses. La marche de l'intensité dans ce groupe a une allure différente ; les intensités maxima se trouvent au milieu des deux branches, aux numéros d'ordre 4 et 5, tandis que l'intensité maxima du premier groupe se trouve en 2 et 3.

La figure 1 représente la loi graphiquement ; les fréquences sont portées en ordonnées et les numéros d'ordre en abcisses. Les courbes sur lesquelles se trouvent les points possèdent une courbure comprise entre celles de la parabole et de la chaînette. Les parties gauches des courbes sont très voisines de paraboles. A l'aide des points 2, 3 et 4 du premier groupe, considéré comme parabole, on a calculé les valeurs pour le numéro d'ordre 1, et l'on a déterminé des valeurs qui ont été trouvées dans la table des longueurs d'onde de Kayser, et qui sont indiquées dans le tableau.

On ne peut savoir encore avec quelque certitude si l'on a affaire à des séries au sens habituel et où l'on devrait poser le numéro d'ordre égal à l'infini pour obtenir la fin de la série, ou bien s'il ne s'agit pas d'un nombre fini de lignes. L'auteur penche pour la seconde hypothèse. Ce qui parle en faveur de cette dernière, c'est l'aspect d'un troisième groupe, dont il est encore question plus bas.

La répartition décrite ici est tout particulièrement digne de remarque, parce que c'est la première fois que l'on découvre des combinaisons de séries distribuées *des deux côtés du spectre*.

Que les lignes envisagées doivent avoir une certaine relation, c'est ce qui ressort des travaux de Gale et Adams[1] d'une part, et de King[2]

[1] Gale, G. et Adams, W. S., *Astroph. Journ. 35*, p. 10, 1905.
[2] King, A.-S., *Astroph. Journ. 41*, p. 373, 1915.

Tableau I.

N° des lignes	λ_e	λ_e utilisé (1er Groupe)	Intensité d'après Kayser	Intensité d'après Hagenbach	λ_r	λ_r utilisé			ν_e	ν_r	$\frac{\nu_e + \nu_r}{2}$	δ	δ^2
1.		5098,70	4			5171,61	5		196128	193363	194746	19	
2.	5006,14 5005,73	5005,935	5 4	6	5270,35 5269,53	5269,94	6 6	8	199763	189755	194759	32	1024
3.	4957,621 4957,31	4957,465	5 4	5	5328,54 5328,06	5328,30	6 5	6	201716	187677	194697	30	900
4.	4920,52 4919,007	4919,765	6 5	4	5371,495 5369,96	5370,727	6 5u	5	203262	186195	194729	2	4
5.	4891,51 4890,78	4891,145	6 5	3	5405,78 5404,14	5404,96	5 6	4	204451	185015	194733	6	36
6.	4872,15 4871,33	4871,74	5 5	2		5429,70	6	3	205265	184172	194719	8	64
7.		4859,758	5	1		5445,04	5u	3	205772	183653	194712	15	225
8.		4848,90	1			5455,614	6	2	206232	183297	194764	37	1369
9.		4845,65	1			5463,27	5u		206371	182041	194706	21	141
										Moyenne ν_m	194727	$\Sigma\delta^2 =$	4063

$$W = \pm \, {}^2/_3 \sqrt{\frac{\Sigma\delta^2}{n(n-1)}} = \pm \, {}^2/_3 \sqrt{\frac{4063}{8,7}} = \pm \, 5,7$$

$$\lambda_m = \frac{1}{194727} = 5135,395 \qquad \lambda_{m'} = \frac{1}{194727 + W} = 5135,395 \qquad \lambda_m - \lambda_{m'} = 0,151 \text{ U. A.}$$

d'autre part, dans lesquels des lignes ont été groupées selon l'étincelle et la pression d'une façon correspondant à leurs élargissemonts disymétriques. Une comparaison avec les groupes envisagés ici montre que les lignes de la branche gauche présentent une même allure, et qu'il en est ainsi également de la branche droite. Il faut renoncer ici à entrer dans les détails.

Ces jours derniers l'auteur est parvenu à mettre en évidence un troisième et quatrième groupes de lignes fortes dans le spectre du fer, entre 360 et 377 $\mu\mu$; ces groupes présentent les mêmes régularités. Ici aussi l'exactitude n'est pas absolue, mais elle est également bonne. On ne peut reproduire dans cette note les nombres trouvés.

En terminant, l'auteur exprime encore ses remerciements à M. SCHUMACHER, pour l'aide précieuse qu'il a apporté dans l'établissement des calculs.

TABLEAU II.

N°	λ'_e	IIme Groupe suivant Kayser	IIme Groupe suivant Fabry Perot	λ'_r		ν'_e	ν'_r	$\frac{\nu_e + \nu_r}{2}$	δ	δ^2
1.	5068,79	5	3	5198,72	3	197285	192355	194820	0	0
2.	4994,14	3	4	5281,81	5	200235	189329	194782	38	1444
3.	4938,83	4	4	5341,03	5	202477	187230	194853	33	1089
4.	4903,325	5	5	5383,38	6*u*	203943	185757	194850	30	900
5.	4878,225	4	6	5415,19	6*u*	204992	184666	194829	9	81
6.	4863,66	1	2	5434,527	5	205606	187009	194807	13	169
7.	4855,69	1	2	5445,04	5*u*	205944	189653	194799	21	441
8.				5456,48	1		183268			
9.				5464,29	2		183006			
							Moyenne ν' =	194820	$\Sigma\delta^2$ =	4124

$$W = \pm \, ^2/_3 \sqrt{\frac{4124}{7,6}} = \pm \, 6,6$$

$$\lambda'_m = \frac{1}{194820} = 5132,943 \qquad \lambda'_{m'} = \frac{1}{194826,6} = 5132,769$$

$$\lambda'_m - \lambda'_{m'} = 0,174 \text{ U. A.}$$

Les deux axes de symétrie sont éloignés l'un de l'autre de :

$$5135,395 - 5132,942 = 2,453 \text{ U. A.}$$

H. ZICKENDRAHT (Bâle). — 1. *Recherches à l'ondemètre.*

L'auteur a décrit il y a un an, à Neuchâtel, un ondemètre construit par lui pour la maison Klingelfuss & Cie, à Bâle ; cet appareil com-

portait deux champs de mesure : l'un de de 300 à 800 m et l'autre de 800 à 2500 m[1]. D'autres études effectuées sur cet instrument et des comparaisons avec un grand ondemètre de la *Telefunken* ont trait aux désaccordements du circuit de mesure produits par les appareils auxiliaires interposés. Ces auxiliaires étaient soit des indicateurs : lampe à incandescence, tubes à vide, instruments à fils chauffés, détecteur et téléphone ; soit des générateurs : Summer (buzzer) avec élément. Tous désaccordent le circuit d'une façon sensible, de sorte que pour tous les circuits oscillants employés comme ondemètres, il faut poser en principe que les appareils auxiliaires utilisés doivent être étalonnés chacun séparément. Un accroissement de l'onde propre du circuit se produisit avec le détecteur et le téléphone (de 2,5 jusqu'à + — 8,3 %), avec le Summer et l'élément (+ 0.9 jusqu'à 4,8 %), et avec le tube à vide (environ 1 %). Une diminution de l'onde propre se manifesta avec l'emploi de la lampe à incandescence (froide de 3 % ; incandescente, d'environ 0,3 %) ; avec l'emploi de l'instrument à fil chauffé (d'environ 0,3 %). Enfin, on a déterminé les capacités qui s'ajoutent au condensateur de mesure ensuite de l'emploi des appareils auxiliaires. Les valeurs sont comprises entre 5 et 40 cm.

2. *Sur la Théorie des circuits détecteurs de l'ondemètre.*

Supposons qu'on ait appliqué aux pôles d'un circuit de mesure une soupape oscillante — détecteur — ayant une caractéristique asymétrique donnée[2]. Si l'on suppose que cette dernière, établie avec du continu très faible (de 1 à $6 \cdot 10^{-6}$ amp.), se maintient aux hautes fréquences, la forme de la courbe d'un courant alternatif constant pouvant traverser la soupape sera déterminée. L'analyse harmonique de Fourier d'une semblable courbe de courant montre alors à côté d'une série d'ondes partielles, une composante continue, qui est seule déterminante pour les indications de l'instrument de mesure dans le circuit auxiliaire. La grandeur de cette composante continue a été mesurée dans un cas spécial et s'élève à $22 \cdot 10^{-7}$ amp. dans les conditions de la réception radiotélégraphique faible. L'amplitude maxima de la tension au condensateur de l'ondemètre se monte à 0,4 volt.

Enfin, l'auteur indique encore la Théorie de la diminution de l'onde propre du circuit de mesure par une lampe à incandescence ou un instrument à fil chauffé, diminution signalée dans la première des communications précitées. Une relation valable pour le transformateur sans noyau de fer permet de calculer à l'avance les désaccordements y relatifs. Pour les détails, voir le mémoire qui paraîtra prochainement[3].

[1] *Arch.* (4), **46**, p. 41, 1918.
[2] *Arch.* (4), **37**, p. 25, 1914.
[3] Verhandlungen der Basler Naturforsch. Gesell., T. XXXI, 1920.

P. Gruner (Berne). — *Sur la théorie des colorations crépusculaires.*

L'auteur cherche en premier lieu à donner une expression générale de l'intensité de l'illumination de l'atmosphère pour une distance zénithale du soleil quelconque et pour toutes les directions des rayons visuels. On établit cette expression en considérant l'atmosphère terrestre comme un milieu optique trouble, dont les particules exercent une influence de diffusion optique d'après une loi indéterminée.

Afin d'appliquer ces formules à une atmosphère absolument pure, il suffit de calculer la diffusion optique des molécules elles-mêmes, s'effectuant d'après la loi bien connue de Rayleigh. En faisant des hypothèses un peu spéciales sur la structure de l'atmosphère pure, l'auteur parvient à déterminer en particulier l'illumination atmosphérique après le coucher du soleil. Ces calculs faits obligeamment par M. Heinrich Kleinert pour la lumière rouge (650 $\mu\mu$) et verte (550 $\mu\mu$), démontrent en effet que l'atmosphère pure doit présenter après le coucher du soleil des colorations rouges qui correspondent, au moins qualitativement, aux colorations crépusculaires au-dessus de l'horizon, à l'est et à l'ouest.

Mais l'apparition de la lumière pourprée exige nécessairement une cause superposée à l'effet de l'atmosphère pure. Il nous semblait intéressant de démontrer qu'ici aussi la seule loi de Rayleigh était suffisante pour produire une pareille illumination, sans recourir, comme le fait la théorie classique, à un effet de réfraction. Notre théorie montre effectivement qu'il y a un phénomène du genre de la lumière pourprée lorsqu'on admet simplement une couche troublée dans l'atmosphère.

R. Bär (Zurich). — *Sur une méthode pour déterminer la densité de particules ultramicroscopiques.*

On sait que Millikan et Ehrenhaft utilisent dans leurs déterminations de la charge électrique de particules ultramicroscopiques la loi de frottement de Stokes-Cunningham ;

$$X = 6\pi\mu a v\left(1 + \frac{B}{ap}\right)^{-1} ,$$

où X est la force agissant sur la particule supposée sphérique, a le rayon de celle-ci, μ le coefficient de frottement intérieur du gaz, v la vitesse, p la pression du gaz en mm Hg, et B une constante numérique. Pour savoir si la relation entre la vitesse et la pression résultant de cette loi est véritablement exacte, on a commencé par mesurer la vitesse de chute d'une particule dans un condensateur de Millikan à la pression atmosphérique ; puis, suivant une méthode indiquée par

Meyer et Gerlach[1], on a retiré avec précaution l'air du condensateur, de façon que la particule reste constamment dans le champ de la lunette, et l'on a ainsi déterminé la vitesse de chute de la particule à différentes pressions. *On a effectivement trouvé,* pour des particules de Pt, Au, Ag et Al pulvérisés électriquement dans l'air atmosphérique, *la relation linéaire exigée par la loi entre la vitesse et l'inverse de la pression.*

La loi de Stokes-Cunningham étant ainsi reconnue exacte, on peut déterminer le rayon d'une particule de densité inconnue, et, de là, la densité même de cette particule, en procédant comme suit. Soient $p_1 = 1 : q_1$ et $p_2 = 1 : q_2$, deux pressions pour lesquelles les vitesses de chute sont v_1 et v_2 ; on a :

$$X = 6\pi\mu a v_1 \left(1 + \frac{B}{a} q_1\right)^{-1} = 6\pi\mu a v_2 \left(1 + \frac{B}{a} q_2\right)^{-1}$$

ou :

$$v_1 : v_2 = (a + Bq_1) : (a + Bq_2) ,$$

donc :

$$a = B \frac{v_2 q_1 - v_1 q_2}{v_1 - v_2} .$$

La densité σ de la particule résulte alors de :

$$X = \frac{4}{3} \pi a^3 \sigma g , \quad \sigma = \frac{9}{2} \frac{\mu v}{g} \frac{1}{a^2 + aBq}$$

Si l'on prend pour B les valeurs de Millikan ou d'Ehrenhaft, on trouve les résultats suivants : les particules provenant d'un seul et même métal ont toutes des densités différentes, et, en général, des densités très inférieures à celle du métal lui-même. En particulier, les particules de Pt présentaient des densités descendant jusqu'à 0,6. Ces faibles densités ne sont propablement qu'apparentes pour les métaux nobles et proviennent soit de ce que les particules ne présentent pas une forme sphérique, soit de ce qu'elles possèdent une structure essentiellement spongieuse.

Paul Epstein (Zurich). — *Sur la cohérence des lignes spectrales du point de vue de la théorie des quanta.*

L'émission de lignes spectrales s'effectue, suivant les idées de Niels Bohr, pendant le passage d'un électron d'une trajectoire stationnaire à une autre. Dernièrement, Bohr et A. Rubinowicz ont essayé indépendamment l'un de l'autre, de pénétrer plus profondément dans le mécanisme même du phénomène. A cet effet, Bohr, procédant d'une façon purement phénoménologique, se base sur l'équivalence de l'Elec-

[1] E. Meyer et W. Gerlach, *Elster- und Geitel-Festschrift,* p. 196.

trodynamique et de la théorie des quanta dans le domaine des grandes longueurs d'onde, tandis que Rubinowicz part des principes de la conservation de l'énergie et de la quantité de mouvement. Si l'on cherche à réunir à la fois les hypothèses de Bohr et de Rubinowicz admises simultanément, on tombe sur l'hypothèse simple suivante : *dans le cas limite des grandes longueurs d'onde, l'Electrodynamique reste valable (avec certaines restrictions) dès le début du passage de Bohr, et le mouvement de l'électron se poursuit avec émission d'énergie conformément aux règles, jusqu'à ce que l'énergie afférente à la trajectoire stationnaire la plus proche soit atteinte.*

Mise en calcul, cette hypothèse conduit aux expressions suivantes pour la longueur de cohérence d'un train d'ondes et la largeur des lignes, en admettant une résolution complète par un appareil optique idéal :

$$l = \frac{k}{\varkappa^{2/3}} \cdot \lambda^{\frac{5}{3}} \quad ; \quad \Delta\lambda = \frac{\varkappa^{\frac{2}{3}}}{k} \lambda^{\frac{1}{3}} \; ;$$

avec

$$k = 2{,}27 \cdot 10^9 \text{ cm}^{-1} \; ,$$

où $\varkappa$ représente la charge du noyau de l'atome hydrogénoïde. (Ces expressions sont valables pour les lignes fondamentales d'une série et doivent être modifiées d'une façon correspondante pour les autres lignes).

Ces relations qui ne sont rigoureusement valables que pour les grandes longueurs d'onde, ont été également étendues, par extrapolation, aux longueurs d'ondes plus courtes. Dans le champ du spectre visible, on obtient pour l un nombre si grand, qu'il n'est nullement accessible à l'expérience, et se trouve complètement caché par l'effet thermo-cinétique. Par contre, les valeurs de la durée de l'émission $t = \frac{l}{c}$ peuvent être comparées aux nombres observés récemment par J. Stark :

Lignes	t calculé	t observé
H_α	$1{,}59 \cdot 10^{-8}$ sec	$< 2 \cdot 10^{-7}$ sec
H_β	$1{,}29 \cdot 10^{-8}$ »	$< 2 \cdot 10^{-7}$ »
H_γ	$0{,}58 \cdot 10^{-7}$ »	$2 \cdot 10^{-7}$ »
H_δ	$9{,}08 \cdot 10^{-7}$ »	$4 \cdot 10^{-7}$ »

Eu égard à l'incertitude de l'extrapolation théorique aux courtes longueurs d'onde, et aux difficultés expérimentales qu'offrent les mesures, on ne peut s'attendre qu'à une concordance dans l'ordre de grandeur seulement.

La théorie est susceptible d'un examen plus minutieux dans le domaine des fréquences de Röntgen.

Franz Tank (Zurich). — *Sur l'atome d'hélium selon la théorie de Bohr.*

Des considérations générales sur la structure des termes des séries spectrales conduisent à l'hypothèse que, lors de l'émission des séries, un électron se détache du lien atomique proprement dit et se meut en dehors des autres électrons sur une trajectoire stationnaire. Ce mouvement s'effectue dans un champ qui peut être considéré comme un champ de Coulomb, modifié par des termes correctifs provenant de l'action des électrons intérieurs. Si la disposition de ces électrons est radiale-symétrique, ou, tout au moins, s'il est possible de la ramener à l'être par une distribution convenable des charges sur les trajectoires, on peut résoudre le problème des mouvements de l' « électron de série » du point de vue de la théorie des quanta, jusqu'à la seconde approximation.

On se convainct facilement par le calcul qu'on peut donner une valeur approchée du potentiel du système « noyau + électrons intérieurs » en un point éloigné, à l'aide de potentiel de deux charges E' et E'' situées à une distance de $2c$, si l'on choisit celles-ci convenablement. Le mouvement de l' « électron de série » est donc approximativement un mouvement qui a lieu sous l'action de deux centres attractifs fixes ; il peut être traité au moyen de coordonnées elliptiques suivant la règle de quantification donnée par M. Epstein[1].

Dans le cas de l'hélium neutre, il convient de prendre un noyau de charge $+ 2e$; alors, des deux électrons, l'un est l'électron de série détaché, tandis que l'autre se meut sur un cercle correspondant au nombre n_0 de quanta. Aux trois directions de l'espace correspondent trois nombres n_1, n_2, n_3 dans la quantification du mouvement de l'électron de série. Pour les énergies, c'est-à-dire h fois un terme de série, on obtient par le calcul, en faisant abstraction d'une constante additive :

$$H = \frac{2\pi^2 m e^2 (E' + E'')^2}{h^2 (n_1 + n_2 + n_3 + \Delta n)^2}$$

où

$$\Delta n = \frac{16\pi^4 c^2 m^2 e^2 E'E''}{h^4 (n_2 + n_3)^3} \left(1 - \frac{3n_3^2}{(n_2 + n_3)^2}\right)$$

m et e sont la masse et la charge de l'électron. En outre, on a :

$$E' = E'' = + \frac{e}{2}$$

[1] Epstein, P.-S. *Ann. de Phys.*, 50, 489, 1916.

$$c^2 = \frac{r_0^2}{2} ,$$

r_0 étant le rayon du cercle intérieur.

Si, maintenant, on fait varier n_1 en donnant à n_2, n_3 et n_0 des valeurs fixes, on obtient en divisant par h, le terme de série sous la forme de Rydberg. Les résultats quantitatifs pour les nombres de quanta les plus simples sont les suivants :

TABLEAU I

Δn pour l'Hélium neutre.

n_0	n_2/n_3	0	1	2
1	0	—	+ 0,060	+ 0,0077
	1	— 0,030	— 0,00096	—
	2	— 0,0038	—	—
2	0	—	—	+ 0,122
	1	—	— 0,015	—
	2	— 0,061	—	—

On obtient donc le terme de la série principale de Parhe et de l'hélium, ainsi que leurs séries de différences, comme le montre la comparaison suivante :

TABLEAU II

	n_0	n_2	n_3	Δn calculé	Δn observé
Parhe	1	0	2	+ 0,0077	+ 0,009
Hélium	2	2	0	— 0,061	— 0,063

Il est remarquable que chez Parhe, l'anneau interne est monoquante, alors qu'il est biquante pour l'hélium, ce qui doit être en relation avec la structure simple, respectivement la structure en doublet des séries de Parhe et de l'hélium.

F. BÜRKI (Berthoud-Berne). — *Sur une relation entre la loi de Dulong et Petit et le système périodique des éléments*[1].

Il y a tantôt un siècle que fut découverte l'importante loi reliant les masses atomiques aux chaleurs spécifiques, et qu'on désigne

[1] Cf. les travaux de l'auteur dans les *Helv. Chem. Acta*, II, 27 (1919) et la *Schweiz. Chemiker-Zeitung*, 1919, p. 101.

aujourd'hui par *loi de Dulong et Petit*[1], suivant les noms des savants qui l'ont énoncée les premiers. Selon cette loi, les chaleurs atomiques des éléments chimiques sont à peu près toutes les mêmes, à savoir 6,4 cal. environ. Cette loi a donné lieu à une grande quantité de recherches fécondes, parmi lesquelles il faut citer avant tout celles de Regnault, Neumann, Joule et Kopp. On reconnut bientôt qu'on n'avait pas affaire à une loi rigoureuse, mais simplement à une règle valable avec plus ou moins d'exactitude. Regnault, déjà, croyait pouvoir attribuer la cause des écarts dans le fait qu'on devait prendre comme chaleur spécifique « vraie » non point la chaleur spécifique à pression constante, mais celle à *volume constant.* Or, les deux principes de la Thermodynamique nous donnent la relation :

$$C_p - C_v = \frac{T \cdot \alpha^2 \cdot \gamma}{\varkappa}$$

où γ est le volume atomique ; α le coefficient de dilatation cubique ; $\varkappa$ le coefficient de compressibilité et T la température absolue.

L'auteur a calculé à l'aide de cette formule la différence $C_p - C_v$ des chaleurs atomiques pour quelques éléments. Il a trouvé que *pour les éléments d'un même groupe du système périodique, cette différence augmente constamment,* mais en n'offrant qu'*une faible variation pour les éléments inférieurs,* comme le montre le tableau suivant :

	Eléments	$C_p - C_v$		Eléments	$C_p - C_v$
I*a*	Li	0,3	IV	Si	0,26
	Na	0,5		Sn	0,33
	K	0,6		Pb	0,33
I*b*	Cu	0,23	V	As	0,01
	Ag	0,27		Sb	0,07
	Au	0,27		Bi	0,08
II	Mg	0,15	VI	S	0,29
	Zn	0,34		Se	0,32
	Cd (liquide)	0,36	VIII	Fe	0,13
	Hg	0,92		Ni	0,25
III	Al	0,26		Pt	0,22
	Tl	0,38			

Edgar MEYER (Zurich). — *Influence des impuretés sur le potentiel explosif dans l'air.*

Dans un précédent travail (*Ann. de Phys.*, **58**, 297. 1919), on a montré qu'il fallait prendre des précautions toutes particulières lorsqu'on voulait déterminer le potentiel explosif dans l'air. On a constaté,

[1] *Ann. de Chim. et de Phys.*, X, 395, 1819.

en effet, qu'il était absolument indispensable d'employer toujours du gaz *frais* pour obtenir des valeurs du potentiel, constantes et susceptibles d'être retrouvées. On avait alors exprimé l'opinion que le potentiel explosif est probablement très sensible aux moindres impuretés. C'est cette hypothèse que l'auteur a examinée, et il a recherché l'effet de petites quantités de vapeur d'eau, d'acide carbonique et de vapeur de mercure. Le résultat est le suivant.

Alors que de petites quantités d'acide carbonique (jusqu'à 0,05 $^0/_0$ en volume environ) n'agissent pas d'une façon sensible sur le potentiel explosif dans l'air, l'influence de faibles quantités de vapeur d'eau et de mercure produisent des effets très appréciables. On procédait, par exemple, de la manière suivante : on faisait le vide dans les appareils qu'on venait d'utiliser, et on laissait pénétrer de la vapeur d'eau non saturée à une pression de 5 mm Hg; puis on introduisait de l'air sec jusqu'à ce que la pression atmosphérique soit atteinte; alors on refaisait le vide jusqu'à 0,2 mm de Hg et on remplissait ensuite avec de l'air sec à la pression désirée (3-5 mm Hg). Dans ces conditions, le nouveau potentiel nécessaire était de 70 à 80 volts plus élevé que l'ancien, où l'air était parfaitement sec.

L'exclusion de vapeurs de mercure (pression de saturation à la température ordinaire) donna une augmentation du potentiel de 30 volts pour une pression du gaz de $p = 1$ mm (longueur de l'étincelle toujours : 4,93 mm).

De plus, on observa que des électrodes (laiton et Ag) tout fraîchement travaillées au tour produisaient un potentiel plus élevé (pour l'argent et $p = 1{,}16$ mm, jusqu'à 54 volts). Cette élévation avait disparu après peu de temps. Seules des recherches plus complètes pourront dire s'il s'agit là d'un effet nouveau inconnu de la matière de l'électrode.

Pour les détails, voir le travail complet qui paraîtra ailleurs.

Albert Perrier (Lausanne). — *Sur la transformation directe de la chaleur en énergie électrique par d'autres voies que les couples thermo-électriques; les limites de rendement de cycles pyroinductifs et pyro-électriques.*

Le présent travail est consacré à deux principes différents basés respectivement sur les dissymétries magnétique et électrique de la matière et à la discussion de leurs possibilités de rendement.

I. — Considérons un corps cristallin ferromagnétique, c'est-à-dire doué d'*aimantation spontanée.* On sait que cette valeur est une fonction bien déterminée de la température, plus précisément qu'elle décroît au chauffage jusqu'à disparaître (point de Curie) et que cette variation est réversible. En disposant sur un tel corps un enroulement

fermé, on réalise un *générateur de courant électrique par voie thermique.* En effet, chauffons et refroidissons alternativement : les variations périodiques de l'aimantation provoquent dans l'enroulement des courants d'induction alternatifs ; nous les qualifierons de *pyroinduits*[1].

II. Considérons de même un cristal *pyroélectrique :* ici, la production de courants alternatifs par oscillations périodiques de température est évidente : il suffit de munir les extrémités opposées d'axes polaires d'armatures et de les réunir par des conducteurs.

Les rendements peuvent affecter une infinité de valeurs suivant les enroulements ou armatures ; j'ai cherché s'ils demeurent nécessairement au-dessous de limites inférieures à celles exigées par le principe de Carnot, j'ai trouvé :

III. — *Phénomènes pyroinductifs.* — Le maximum d'énergie que l'on peut tirer par induction d'une variation $\Delta\Phi$ de flux a pour valeur $\frac{(\Delta\Phi)^2}{2L}$, c'est-à-dire *l'énergie électrocinétique de ce circuit pour un flux de valeur égale.* L représente le coefficient de selfinduction du même circuit calculé dans le vide. On démontre cette proposition en comparant avec un circuit de résistance nulle et de même configuration. Appliquant au cas le plus favorable d'un tore, on obtient pour l'expression du rendement limite :

$$\eta = \frac{(\Delta B)^2}{4\pi J \rho c \Delta t}$$

J = équiv. mécanique ; ρ = densité ; c = chaleur spécifique ; Δt = amplitude de l'oscillation de température.

IV. — *Phénomènes pyroélectriques.* — L'énergie maximum correspond ici à une résistance infinie entre les deux armatures. Pour une plaque pyroélectrique à deux faces perpendiculaires à un axe polaire, on trouve :

$$\eta = \frac{4\pi p^2 \Delta t}{J \varepsilon \rho c}$$

p = constante pyroélectrique ; ε = constante diélectrique (relatives à la direction de l'axe).

Exemples numériques :

a) Soit du *nickel* dont on fait osciller la température de 340° à 360° (disp. du ferromagnétisme ; $\Delta t = 20°$) ; on trouve tous calculs faits

[1] Par analogie avec la pyroélectricité. Je remarque à ce propos qu'un élément cristallin dont l'aimantation spontanée serait apparente constituerait au premier chef un corps *pyromagnétique*, c'est-à-dire le correspondant magnétique des pyroélectriques.

$$\eta = 0.02\ \%$$

b) Cristal de tournaline; $\Delta t = 100°$, on trouve

$$\eta = 0{,}006\ \%$$

Ces deux valeurs sont très petites, mais d'ordres de grandeur assez différents; la première est comparable à ce que donnent des couples thermoélectriques simples; dans les mêmes conditions un cycle de Carnot donnerait 3,2 %.

Le débit d'énergie est à proportion de la vitesse avec laquelle les échanges de chaleur peuvent être effectués; il serait certainement fort petit dans les conditions d'une expérience ordinaire.

V. — On peut généraliser beaucoup : on transformera en principe de la chaleur en énergie électrique (ou électrocinétique) avec tout dispositif tel que l'on puisse produire dans des champs magnétiques ou électriques des oscillations de température de corps dont respectivement les perméabilités ou constantes diélectriques sont fonctions de la température. Ces conditions ne correspondent toutefois pas exactement aux précédentes où les corps actifs agissent *seuls* (action simultanée d'un champ pas nécessaire)[1]; en outre les rendements et débits seraient d'ordres encore beaucoup plus petits.

VI. — On notera comme caractères principaux des cycles considérés : Ils fournissent de l'énergie durant *tout* leur parcours. Ils n'ont ainsi pas de correspondants dans les cycles des fluides de la thermodynamique classique ; on trouverait des correspondants chez les solides. L'énergie libérée n'est pas du tout identique à l'énergie d'aimantation ou de polarisation diélectrique. Ils sont irréversibles.

VII. — *Modifications possibles des rendements.* — Au lieu d'un corps actif, utilisons une série de corps dont les températures sont échelonnées entre celle de la source chaude et celle de la source froide, chacun d'eux servant successivement de source froide au précédent et de source chaude au suivant. On peut démontrer :

Que le rendement d'une telle machine (pyroinductive ou pyroélectrique) sera *plus grand ou plus petit que celui d'une machine à un seul corps actif* suivant que l'intensité de polarisation des substances utilisées varie plus lentement ou plus vite que la proportionnalité à l'oscillation de température. Ce cas limite correspond à un rendement proportionnel à l'écart de température.

Les lois connues de la pyroélectricité excluent donc l'application du procédé : au contraire, la variation quasiparabolique de l'aiman-

[1] Les corps ferromagnétiques que l'on peut trouver demandent cependant une action extérieure qui peut être très faible si l'on atteint le point de Curie.

tation spontanée dans la région du point de Curie est particulièrement favorable ; il suffirait de s'adresser à des corps (alliages) avec points de disparition échelonnés convenablement.

VIII. — Les difficultés pratiques rendent ce principe à peu près irréalisable dans la forme ci-dessus ; on l'adaptera par exemple en se servant de corps immobiles et isolés à travers lesquels on fera circuler de la chaleur par mouvement alternatif d'un fluide. Cela présenterait en particulier le très grand avantage de n'exiger aucune pièce mobile dans la machine proprement dite et de pouvoir monter les enroulements en série dans un seul circuit, les cycles partiels étant parcourus simultanément.

Il ne semble pas absolument impossible d'atteindre un rendement comparable à celui d'un cycle de Carnot pour des intervalles de température appropriés, en faisant appel à un grand nombre de cycles intermédiaires ; mais alors la question de la puissance se complique.

* * *

Adjonction au moment de l'impression. — Une aimable communication de M. C.-E. Guillaume me met en mesure de signaler les antériorités suivantes qui m'étaient inconnues lors de la séance. M. M. Deprez et avant lui M. Nodon[1] ont indiqué la possibilité d'engendrer des courants au moyen d'un ferromagnétique chauffé dans un aimant en fer à cheval sans cependant calculer les limites de rendement données ci-dessus ni aborder les phénomènes symétriques du côté électrique. M. Edison avait aussi indiqué la même possibilité à propos de son moteur pyromagnétique.

Je me propose de publier un travail plus détaillé sur ces sujets et d'autres connexes et je reviendrai sur les conclusions de M. Deprez, lesquelles s'appliquent surtout à la transformation de chaleur en énergie mécanique par voie magnétique.

Edouard Guillaume (Berne). — *Sur la Théorie de la Relativité.*

Ayant montré l'an dernier les résultats auxquels conduit l'introduction d'un paramètre unique t pour représenter le temps dans la Théorie de la relativité[2], l'auteur se propose maintenant d'examiner l'éclaircissement que ce nouveau point de vue apporte à l'ancien, où le temps est représenté par autant de variables $\tau_1, \tau_2, \ldots$ qu'il y a de systèmes de référence en présence $S_1(x_1, y_1, z_1)$, $S_2(x_2, y_2, z_2)$, ... A cet effet, il s'appuie sur l'axiome suivant, jamais encore contesté : *Différents temps ne peuvent être simultanés*[3], et va montrer qu'il est

[1] *C. R.*, 125, 1897, p. 511 et *Rev. gén. des Sciences*, IX, 1898, p. 71.

[2] *Arch.* (4), **46**, p. 281 et suiv., 1918.

[3] Kant, *Critique de la raison pure, Esthétique transcendentale.*

violé par les relativistes. Si l'on tient à conserver ce principe, on sera tout naturellement conduit à représenter le temps — continu à une dimension — par une *droite unique*. La difficulté commence sitôt que l'on veut exprimer par des nombres des segments de cette droite, segments représentant, par définition, des intervalles de temps. On doit alors se souvenir que ce n'est qu'en vertu d'un postulat (postulat de *Cantor-Dedekind*) qu'à tout point d'une droite *(vecteur)*, on peut faire correspondre un nombre. Par analogie, on énoncera ce nouveau postulat : *A tout instant, on peut faire correspondre un nombre.* Mais ces postulats n'indiquent que des possibilités et ne donnent aucun moyen pour établir les correspondances, qui restent arbitraires. Portons sur une droite OT des segments égaux à un même segment ΔT, de façon à réaliser une certaine échelle temporelle. Désignons par T_1, T_2, ... T_i, ... les divisions marquées sur la droite. Toute la question est de savoir quel ou quels nombres nous assignerons à la marque T_i. Si, dans une théorie, le temps est représenté par un seul paramètre t, il n'y aura aucune difficulté : on attribuera à T_i un nombre et un seul, et l'on identifiera t avec T. Par contre, dans la Théorie de la relativité, on établit une correspondance entre les points de deux systèmes S_1 et S_2 à l'aide de la transformation de Lorentz :

$$x_1 = \beta(x_2 + \alpha c_0 \tau_2) \; ; \; y_1 = y_2 \; ; \; z_1 = z_2 \; ; \; c_0 \tau_1 = \beta(c_0 \tau_2 + \alpha x_2) \, ,$$

où $\beta^2 = 1 : (1 - \alpha)^2$ est une constante et c_0 la vitesse de la lumière dans le vide, et nous avons *deux* paramètres, τ_1 et τ_2, pour représenter le temps. Il s'offre alors deux possibilités : ou bien τ_1 et τ_2 représentent numériquement deux instants (points) différents T_1 et T_2, ou bien τ_1 et τ_2 sont deux nombres distincts afférents à un seul et même instant T. Même remarque en ce qui concerne des intervalles $\Delta\tau_1$ et $\Delta\tau_2$. Cela posé, il faut distinguer deux cas, selon qu'on envisage la transformation comme transf. *ponctuelle* ou comme transf. de *vitesses*.

Dans le premier cas, l'on dit : « A l'indication τ_1 de la montre de l'observateur placé en $P_1(x_1, y_1, z_1)$ sur S_1, correspond l'indication τ_2 de la montre de l'observateur placé en $P_2(x_2, y_2, z_2)$ sur S_2. » Evidemment, il faut entendre par là que τ_1 et τ_2 désignent des instants *différents* d'un même temps OT ; autrement dit, les indications τ_1 et τ_2, comptées sur la même échelle, *ne* sont *pas* supposées simultanées. C'est là une assertion toute platonique. Pour le physicien, les indications de deux horloges n'ont de relation que si l'on dispose d'un agent de communication entre elles ; mais alors x_1 et x_2 deviennent des fonctions du temps et l'on tombe sur le second cas, examiné ci-après. Nous sommes donc ici dans l'arbitraire ; en particulier, on peut poser à la fois $\tau_1 = 0$, $\tau_2 \neq 0$, ou vice versa, sans qu'il en résulte de

contradiction. Selon la correspondance choisie, les points se groupent différemment à un même instant pour former la configuration d'ensemble des systèmes, et ce groupement dépendra du système où l'on se place pour regarder l'ensemble. Pour retrouver la « contraction » de Lorentz, par exemple, il suffit de définir la simultanéité de la façon suivante : pour tout observateur d'un système S_i, les points P_i', P_i'', ... sont, *par convention*, envisagés simultanément lorsqu'on pose $\tau_i' = \tau_i'' = ... = T$.

Tout autre est la question dans le second cas, lorsqu'on considère un phénomène déterminé; celui-ci se déroule dans le temps, qui devient l'unique variable indépendante. Prenons par exemple le phénomène même de propagation que l'on se donne pour établir la transformation de Lorentz. Soient $u_1 = c_0\tau_1$ et $u_2 = c_0\tau_2$ les chemins parcourus dans chacun des systèmes par un ébranlement lumineux produit aux origines O_1 et O_2 de ceux-ci au moment où $\tau_1 = \tau_2 = 0$. Cet ébranlement se propage dans chacun des systèmes suivant les sphères ;

$$x_1^2 + y_1^2 + z_1^2 = u_1^2 \quad ; \quad x_2^2 + y_2^2 + z_2^2 = u_2^2 \ .$$

Pour tout physicien, les accroissements Δu_1 et Δu_2 des rayons des deux sphères — accroissements qui satisfont à la relation :

$$\Delta u_1 = \beta(\Delta u_2 + \alpha \Delta r_2) \ ,$$

ont nécessairement la même durée [1].

cela ressort encore du fait qu'il n'est pas possible de poser $\Delta u_1 = 0$ sans poser en même temps $\Delta u_2 = 0$, car alors on aurait :

$$\frac{\Delta\tau_1}{\Delta\tau_2} = \beta\left(1 + \frac{\alpha}{c_0}\frac{\Delta r_2}{\Delta\tau_2}\right) = 0 \ ,$$

ce qui signifierait que x_2 se meut avec une vitesse $\left|\frac{c_0}{\alpha}\right|$, plus grande que c_0. Il en résulte donc que $\frac{\Delta u_1}{c_0}$ et $\frac{\Delta u_2}{c_0}$ *ne peuvent être que des mesures différentes d'un même intervalle de temps* ΔT, contrairement à la première possibilité envisagée.

Or, que font ici les relativistes ? Restant en partie fidèles au premier point de vue, ils comparent $\Delta\tau_1$ et $\Delta\tau_2$ en utilisant la *même* échelle

[1] En toute rigueur, on ne peut affirmer a priori que Δu_1 et Δu_2 sont simultanés. On pourrait imaginer par exemple que Δu_1 soit la cause physique de Δu_2, et que de ce fait, ce dernier soit légèrement en retard sur le premier tout en ayant même durée.

temporelle numérique; mais, pour tenir compte de ce que nous venons de voir, ils admettent que les intervalles sont, malgré cela, simultanés! On arrive donc à cette conclusion que *des intervalles de temps de grandeurs différentes sont néanmoins simultanés*, autrement dit, on viole l'axiome que nous avions admis. C. q. f. d.

Si, comme il est naturel, nous supposons que $\frac{\Delta u_1}{c_0}$ et $\frac{\Delta u_2}{c_0}$ sont simplement des mesures différentes d'un même intervalle de temps, nous serons conduits à admettre que la « contraction » de Lorentz n'a aucune existence, ni réelle ni apparente. Lorsqu'on écrit :

$$x_1'' - x_1' = (x_2'' - x_2')\sqrt{1 - \alpha^2} ,$$

on ne fait qu'assigner deux nombres différents à un seul et même segment. Mais, — et ceci est l'essentiel, — s'il en est ainsi, il est plus simple de représenter le temps par un paramètre unique t, et de poser :

$$\frac{\Delta u_1}{c_1} = \frac{\Delta u_2}{c_2} = \Delta t .$$

Nous tombons alors sur le point de vue que nous avons exposé dans le mémoire précité, et la « contraction » s'évanouit automatiquement. A ce propos, l'équité exige que nous relevions que Poincaré a été le premier à signaler la dualité suivante[1] : maintenir la vitesse de la lumière constante et contracter les longueurs; ou bien maintenir ces dernières et faire varier la vitesse lumineuse. Soit une règle de longueur d placée sur S_2; mesurons sa longueur par le temps qu'emploie la lumière à la parcourir. On obtient[2] :

$$\frac{d}{c_2} = \frac{d}{c_1\sqrt{1 - \alpha^2}} , \quad \text{d'où} \quad d_1 = \frac{c_2}{c_1} d = d\sqrt{1 - \alpha^2} ;$$

d_1 est une autre mesure de la même longueur ; on retrouve la formule de la « contraction ». L'expérience de Michelson et Morley possède une interprétation corrélative. Supposons que les miroirs sont sur S_2, et soit d leurs distances réciproques. On a pour les temps de parcours des rayons lumineux entre les miroirs :

$$\frac{2d}{c_2} = \frac{2d}{c_1\sqrt{1 - \alpha^2}} = \Delta t .$$

Ces temps sont donc bien *les mêmes* et pour S_2 et pour S_1, comme

[1] *Science et Méthode,* p. 99 et 100.

[2] Voir *Arch.*, loc. cit., p. 303, formule (1), et p. 308 l'expérience de Michelson et Morley.

il est naturel puisqu'il s'agit d'un même phénomène. Mais rien ne nous empêche de définir un nombre $\Delta\tau_1$ de la façon suivante :

$$\Delta\tau_1 = \frac{c_1}{c_2}\,\Delta t = \frac{\Delta t}{\sqrt{1-\alpha^2}}\,.$$

Ce nombre sera simplement une mesure différente de la même durée Δt.

Pour terminer, l'auteur dit quelques mots de l'important problème de la propagation de l'énergie dans le vide. Il a montré que lorsqu'on fait usage du paramètre t, la signification physique de la Théorie s'exprime par une *aberration généralisée,* provenant de l'addition des vitesses qui se fait selon la règle d'Einstein. Dans toutes les Géométries, euclidiennes ou non-euclidiennes, la composition des vecteurs s'effectue suivant un polygone *fermé.* La règle d'Einstein, par contre, conduit à une figure *ouverte,* d'où aberration. Pour connaître les vitesses « vraies », il faudrait trouver des fonctions des vitesses « apparentes », qui s'additionnent suivant une figure fermée. On peut déjà citer deux possibilités : 1° privilégier un système et lui attribuer le repos absolu; 2° prendre pour vitesses vraies les arguments des tangentes hyperboliques représentant les vitesses apparentes. Les trajectoires vraies seraient alors les géodésiques de surfaces à courbure négative. La vitesse vraie de la lumière aurait une valeur limite infinie.

Alex MÜLLER. — *Recherches sur les spectres des rayons X (le spectre continu du carbone).*

Le spectre continu des rayons X est encore peu étudié. Cependant une loi de grande généralité a déjà été découverte il y a quelques années; c'est l'existence d'une longueur d'onde limite dans le rayonnement émis par un tube à rayons X.

Admettons que l'on ait une ampoule radiogène, fonctionnant avec un potentiel constant V. La longueur d'onde limite λ est alors donnée par l'équation bien connue :

$$\lambda = \frac{c\,.\,h}{e\,.\mathrm{V}}$$

h = constante de Planck; c = vitesse de la lumière; e = charge de l'électron.

Cette équation est l'expression de la loi des quanta telle qu'elle se présente dans le domaine des rayons X. Elle exprime en outre que la longueur d'onde limite ne dépend pas de la matière de l'anticathode. Les recherches exécutées jusqu'à présent ont toujours été faites avec des anticathodes de poids atomique relativement élevé.

Vu la grande importance de la loi en question, il y avait donc un intérêt de la vérifier pour les poids atomiques bas. Les difficultés techniques étant assez grandes, je me suis d'abord limité à des essais avec une anticathode de carbone. Le dispositif expérimental était à peu près le même que dans les travaux précédents[1]; la pompe à mercure de Gæde servant à faire le vide dans le tube à rayons X a dû être remplacée par la pompe moléculaire, le dégagement de gaz étant trop grand pour obtenir le vide nécessaire en peu de temps.

Les résultats sont les suivants. Sur les quatre plaques photographiques sur lesquelles les spectres ont été enregistrés, il existe une chute de noircissement située vers les courtes longueurs d'ondes. La longueur d'onde correspondant à cette chute a pu être évaluée sur deux plaques, la limite du noircissement y étant suffisamment nette pour être mesurée. Les chiffres donnés ci-après montrent que la longueur d'onde en question est, dans les limites d'erreur, à l'endroit où elle doit se trouver selon la loi des quanta.

Temps de pose	Kilo-volts	λ	$e \cdot V \cdot \frac{\lambda}{c}$
120 m	31,4	0,41 UÅ	$6{,}8 \cdot 10^{-27}$ erg. sec
270 m		0,42	7,0

Ce résultat est intéressant au point de vue de la théorie de la transformation de l'énergie des rayons cathodiques en rayons X. Les essais faits auparavant avaient montré que, dans les conditions expérimentales dans lesquelles nous nous trouvions, le spectre continu se produit à peu près indépendamment de la matière de l'anticathode. Les expériences exécutées avec une anticathode en carbone semblent indiquer qu'il en est de même pour les anticathodes de poids atomique bas. Il sera cependant encore nécessaire de comparer la répartition d'énergie dans le spectre du carbone avec celle d'un corps de poids atomique plus élevé.

[1] Müller, *Arch.* de mars-avril 1919.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

Séance du 15 janvier 1919.

L. Horwitz. L'âge des calcaires à entroques liasiques dans les Préalpes médianes. — Arthur Maillefer. Sur les mouvements hygrométriques de l'ombelle de carotte. — Ch. Linder. Sur le fleuron pourpre des ombelles de carottes sauvages. — E. Wilczek. Le charbonnier Hygropohorus Marzuolus. — P.-L. Mercanton. Le barogramme de janvier 1919.

L. Horwitz. — *L'âge des calcaires à entroques liasiques dans les Préalpes médianes.*

M. H. Schardt se demandait, il y a vingt ans déjà, quel est l'âge précis de ces couches, si caractéristiques pour l'unité tectonique en question [1].

Grâce à la découverte de plusieurs niveaux fossilifères dans mon champ d'études (région de Charmey, dans les Alpes fribourgeoises), je suis en état de serrer un peu plus le problème.

J'ai eu l'occasion d'indiquer [2] qu'il y a lieu de distinguer plusieurs bandes liasiques dans la région de Charmey.

Dans la première, la plus extérieure, la situation est claire. Au-dessus de quelques mètres de calcaire à entroques se trouve une couche très fossilifère d'âge lotharingien supérieur (niveau à *Arietites raricostatum* [3]). Le calcaire siliceux qui vient au-dessus est donc du

[1] Schardt, Stratigraphie du calcaire du Mont Arvel. *Bull. Soc. Vaud.*, vol. XXXIV, p. 21-23, 1898.

[2] Horwitz, L. Sur le Lias d5 massif des Brons et de ses annexes (Alpes fribourgeoises). Les procès-verbaux, séance du 21 janvier 1914.

[3] Dans un travail précédent sur Quelques résultats d'un levé géologique dans les Alpes fribourgeoises. *Ext. des comptes rendus de la Soc. des Sciences de Varsovie*, VIe année, fac. 5, 1913). j'ai attribué faussement ce niveau à la zone à *Oxynoticeras oxynotum*...

Pliensbachien. Ainsi dans cette bande (massif Arsajoux et ses équivalents), le calcaire à entroques est sûrement du Lotharingien.

Dans la deuxième bande le calcaire à entroques se trouve au-dessous d'un banc fossilifère à *Aegoceras biferum* : il est donc lotharingien inférieur et probablement en partie sinémurien.

Dans la troisième bande (environs de Jaun, Bellegarde), les choses se compliquent. Au-dessus d'un complexe très épais de calcaire à entroques, appartenant en entier probablement au Lotharingien, puisqu'on y constate un banc fossilifère à *Asteroceras obtusum*, viennent des couches de calcaire siliceux, surmontées par un complexe *supérieur* de calcaire à entroques. Or, vu la ressemblance frappante du faciès du calcaire siliceux avec le même calcaire, sûrement pliensbachien, des deux premières bandes, j'ai soupçonné depuis longtemps que le calcaire à entroques *supérieur* appartenait au Lias moyen : soit au Pliensbachien, soit même au Domérien. Mais l'argument paléontologique manquait.

Or, à part les principales bandes liasiques mentionnées, il y en a une autre, beaucoup plus courte, intermédiaire entre la seconde et la troisième, qui affleure très bien au voisinage immédiat de Charmey, sur la rive gauche de la Jogne, en amont de l'usine électrique.

En remontant le torrent depuis l'usine, on arrive bientôt aux couches du Sinémurien (calcaire à entroques avec intercalations de lits de silex) et du Lotharingien (calcaire à entroques), couronnées par un banc fossilifère de Lotharingien supérieur (zone à *Arietites raricostatum*). Bientôt viennent des couches de calcaires siliceux, suivies à leur tour par un complexe de calcaire à entroques *supérieur*. Dans ce dernier, j'ai découvert quelques bancs remplis de *Brachiopodes*.

On voit que la coupe de la Jogne est très semblable à celle de la troisième bande. Dans cette coupe, tout ce qui se trouve en dessus du niveau à *Arietites raricostatum* est sûrement *pliensbachien* et plus récent. Donc, le calcaire à entroques *supérieur* près de Charmey est probablement aussi celui de la coupe près de Bellegarde est *pliensbachien* ou même *domérien*.

Nous pouvons donc conclure : *Les calcaires à entroques dans le Lias des préalpes médianes des environs de Charmey (et probablement ailleurs) caractérisent essentiellement le Lotharingien, mais souvent ils descendent dans le Sinémurien et montent jusqu'au Pliensbachien et peut-être même jusqu'au Domérien.*

Arthur MAILLEFER. — *Sur les mouvements hygrométriques de l'ombelle de carotte.*

Ce travail paraîtra dans le *Bulletin.*

Ch. LINDER demande aux botanistes des renseignements sur le rôle biologique du *fleuron pourpre*, stérile qui occupe souvent le milieu *des ombelles de carottes sauvages.*

Il a fait quelques statistiques concernant la fréquence des ombelles avec ou sans fleuron pourpre, ainsi que l'attraction que ce fleuron pourrait exercer sur les insectes ; il donne ces chiffres à seule fin d'amorcer une étude plus complète.

15 août 1909. Pied du Pilate. 10 a m. Coteau ensoleillé. Pendant une demi-heure, quatre insectes visitent une ombelle à fleuron pourpre. Pendant la demi-heure suivante sept insectes visitent la même ombelle dont le fleuron a été enlevé.

18 août 1909. Pré au bord de l'Aa. 10 $^1/_2$ a m. Nuageux.

a) De deux ombelles, distantes de 10 cm, celle avec fleuron pourpre est visitée par 8 insectes, celle sans fleuron pourpre par 11 insectes, toutes deux dans l'espace de la même demi-heure. Plusieurs fois, le même insecte visite les deux ombelles successivement, le plus souvent la blanche avant celle piquée de rouge ;

b) Le fleuron pourpre ayant été coupé, puis planté sur l'ombelle jusqu'ici unicolore, 6 insectes visitent l'ombelle devenue blanche par amputation, 13 celle piquée artificiellement du fleuron pourpre, toutes deux dans le même quart d'heure.

Fréquence relative des ombelles.

	avec fleuron	sans pourpre
16 août 1909 près d'Alpnach	11	19
18 août 1909 près de l'Aa	23	27
14 août 1910 près de Coire	50	23

E. WILCZEK annonce que le charbonnier *(Hygropohorus Marzuolus)* a été récolté le 14 janvier 1919 dans les bois de Bussigny.

P.-L. MERCANTON présente le *barogramme* de la baisse barométrique de janvier 1919 ; il fait circuler une canne de justicier neuchâtelois ayant un cadran solaire dans le pommeau ; cette canne lui a été donnée par M. Jules Courvoisier.

Séance du 29 janvier 1919.

F. de Loys. Lambeaux de Flysch exotique dans le massif des Dents du Midi. — M. Duboux et L. Parchet. Sur la microanalyse du sang. — Maurice Lugeon. Lambeau de recouvrement du sommet des Diablerets.

F. DE LOYS. — *Des lambeaux de Flysch exotique dans le massif des Dents du Midi.*

On sait que le grand pli couché des Dents du Midi, front de la

nappe de Morcles, repose par l'entremise d'une lame de granit écrasé sur un simple coussin de Flysch autochtone. En réalité ce Flysch, qui devait autrefois s'étendre sur le socle hercynien des *Aiguilles rouges*, a été arraché de son substratum, entraîné vers le nord par la nappe, et replié en un vaste et multiple synclinal. Il n'est donc strictement autochtone que dans sa partie septentrionale, où stratigraphiquement le recouvre la molasse rouge du Val d'Illiez, sur laquelle viennent s'empiler les nappes préalpines.

Au nord des Dents du Midi, la masse synclinale du Flysch est profondément érodée par les affluents de la Vièze, qui laissent entre eux des arêtes dentelées. C'est sur deux de ces arêtes, à la Dent de Valère et au sommet qui domine Soix, que sont conservés des lambeaux de Flysch exotique.

Les grès et menus conglomérats qui en forment la base tranchent sur les couches plus schisteuses du Flysch autochtone, tandis qu'à leur partie supérieure reprend l'alternance de marnes feuilletées et de grès en plaquettes.

Ces lambeaux de recouvrement reposent en discordance angulaire, par un plan de chariage bien caractérisé, sur les replis du Flysch autochtone. Le contraste entre les deux unités est accentué encore par la présence de nombreuses nummulites dans les grès et conglomérats des masses exotiques.

La présence de nummulites permet de rattacher avec certitude ces lambeaux à la *nappe inférieure des Préalpes*, dont M. Lugeon a depuis longtemps signalé les ultimes écailles triasiques, jurassiques et crétacées dans les rochers du Culet et de Savonnaz, à l'ouest de Champéry. Il est intéressant d'en trouver des débris en liaison immédiate avec un pli des *Hautes Alpes calcaires*, en ce point où elles sont réduites à la seule *nappe de Morcles*, dont l'action encapuchonnante ne semblait pas s'être manifestée ici.

La découverte de ces lambeaux permet aussi de préciser la limite méridionale de la mer molassique oligocène ; on pouvait supposer, en effet, que cette molasse, repliée en double synclinal avec le Flysch entre Troistorrents et Massongex, se prolongeait autrefois dans les terrains enlevés par l'érosion de la Vièze, jusque peut-être au-dessous de la *nappe de Morcles*. Le fait qu'on ne trouve pas la moindre trace de molasse entre le Flysch exotique et le Flysch autochtone montre bien qu'elle ne s'est pas étendue vers le sud, au-delà de la Dent de Valère. On ne connaît,en effet, aucun témoin d'action érosive qui eût pu la faire disparaître avant le recouvrement des nappes préalpines.

M. Duboux et L. Parchet. — *Sur la microanalyse du sang.*

M. L. Parchet expose les progrès réalisés par la chimie dans le

domaine de l'hémologie et fait ressortir l'importance des analyses de sang en clinique, qui n'est reconnue que depuis peu d'années. Le problème est très difficile : le plasma sanguin charie un grand nombre de composés qui s'y trouvent pour la plupart à des concentrations assez faibles ; c'est pourquoi les anciennes méthodes de dosage portaient généralement sur 50-400 cc de sang, quantité qu'on ne pouvait obtenir pour ainsi dire qu'accidentellement. Les renseignements fournis étaient incomplets et ne présentaient qu'un intérêt purement documentaire, puisque isolés.

Le clinicien a aujourd'hui à sa disposition des méthodes de dosage s'appliquant à des quantités minimes de sang (quelques gouttes à quelques cm^3) et appelées pour cette raison « microméthodes ». Celles-ci lui permettent d'étudier les oscillations quantitatives que subit le composé chimique qui l'intéresse et l'analyse peut être répétée aussi souvent que cela lui paraît indiqué.

Pour faire ressortir la valeur de ces microméthodes mentionnons, à titre d'exemple, l'importance qu'à prise le dosage de l'urée dans les néphrites, suivant la méthode adoptée d'abord par Widal. — Le pronostic de durée du mal de Bright ne peut être établi que par le dosage de l'urée dans le sang (Pasteur Valléry-Radot). Un autre exemple est celui du dosage de glucose dans le sang qui prend toute sa valeur lorsque le sucre a disparu de l'urine. La recherche du sucre dans celle-ci ne pourra plus renseigner le médecin sur l'évolution du diabète et seule la teneur du sang en glucose lui fournira des indications utiles. Même cas dans certaines névralgies dont la cause première serait l'hyperglycémie. Signalons en passant la maladie bronzée d'Addison, où le dosage du sucre dans le sang pourrait devenir, peut-être, un des éléments du diagnostic différentiel.

Le Service de chimie de l'hôpital, qui existe depuis deux ans à Lausanne, a non seulement utilisé et perfectionné les « microméthodes » déjà existantes, il a en outre élaboré un certain nombre de dosages nouveaux : ceux de potasse, chaux, phosphate, chlorure, glucose, albumines, urée, graisses, etc. La plupart de ces dosages s'effectuent par volumétrie physico-chimique, dont le principe est dû à MM. Dutoit et Duboux.

M. Parchet expose ensuite les recherches qu'il a effectuées en collaboration avec M. Duboux sur l'application de cette nouvelle méthode à la détermination des *acides faibles du sang*. Les auteurs ont établi un dosage de l'acide lactique par conductibilité électrique. Ce dosage consiste, en principe, à éliminer les albumines, graisses, phosphates, etc., et à déterminer l'acide lactique au moyen d'une « courbe de déplacement ». L'avantage de ce nouveau procédé est qu'il peut être effectué sur 10-20 cc, alors que les anciennes méthodes exigeaient 200-300 cc.

Maurice LUGEON. — *Sur le lambeau de recouvrement du sommet des Diablerets.*

On sait que la nappe des Diablerets est recouverte par la nappe du Wildhorn. Celle-ci, sur le versant nord du Creux-de-Champ, forme un pli plongeant plus ou moins complexe, mais qui possède toujours son flanc renversé urgonien, parfois aminci jusqu'à l'extrême.

Par le fait du faible plongement axial de la nappe des Diablerets, plongement légèrement plus accentué que l'arête de la montagne, le flanc renversé de la nappe du Wildhorn occupe presque toute l'arête là où, sous la neige, la roche est visible.

En s'approchant du sommet, ce flanc renversé, jusqu'alors continu, se morcelle ; il forme tout d'abord un petit lambeau isolé d'Urgonien, dit la « Tour Ruinée » en repos direct sur les schistes nummulitiques.

Enfin, le sommet rocheux lui-même des Diablerets (3213 m) est constitué par un dernier lambeau d'Urgonien, reposant sur les mêmes schistes.

Le sommet neigeux (3222 m) distant d'environ 200 mètres du sommet rocheux appartient à la nappe du Wildhorn. C'est sur ce lambeau de recouvrement que repose le totalisateur installé par M. le professeur Mercanton.

De la Vallée des Ormonts, le lambeau de recouvrement est, du reste, très nettement visible. Nous l'avions deviné : mais l'ascension du sommet des Diablerets nous a seule permis de vérifier ce que l'on voit de la vallée.

Il est intéressant de signaler ce reste ultime d'une vaste nappe qui jadis devait, de son énorme masse, recouvrir toutes les Alpes vaudoises.

Séance du 5 février 1919.

Henri Blanc. Spécimens d'Eponges siliceuses marines. — Paul Pochon. L'abri sous roche du Vallon de Vaux.

Henri BLANC, professeur présente quelques beaux *spécimens d'Eponges siliceuses marines* du groupe des Hexactinellides provenant des mers du Japon (Baie de Sagami) et acquis récemment pour le musée zoologique. Ce sont : Euplectella imperialis, Euplectella Oeveori. Semporella Scheelza Hyalonema apertum et Periphragella clèdne.

Paul POCHON fait une conférence accompagnée de projections sur l'*abri sous roche du Vallon de Vaux.*

Séance du 19 février 1919.

P. Murisier. Sur la division nucléaire des cellules à pigment (mélanophores) de la peau des poissons. — Lucien Jeanneret. Héliothérapie et pigmentation. — Fr. Messerli. Les mensurations corporelles des recrues tuberculeuses. — Fr. Messerli. Détermination de la fréquence des vices de réfraction selon les professions.

P. Murisier. — *Sur la division nucléaire des cellules à pigment (mélanophores) de la peau des poissons.*

Les mélanophores des poissons possèdent en règle générale deux noyaux, quelquefois plusieurs. Il persiste un doute sur le mode de division du noyau primitif de ces éléments pigmentaires, aucun auteur n'y ayant observé des figures de caryocinèse.

En suivant le développement des tissus pigmentaires chez les embryons de la truite *(Trutta lacustris* L.), j'ai pu constater que tous les mélanophores au moment de leur différenciation sont uninucléés et le restent jusqu'à un certain stade de leur évolution du reste rapide. Les premières cellules noires à deux noyaux apparaissent peu de jours avant l'éclosion.

Malgré un abondant matériel, il m'a tout d'abord été impossible d'y découvrir des figures de mitose ou d'amitose. Cependant, les noyaux néoformés étant toujours strictement égaux, l'idée d'une division directe ne s'impose pas.

Enfin, dans l'hiver de 1916-1917, en examinant de très près un grand nombre d'embryons pendant les dix derniers jours précédant l'éclosion, j'ai pu observer toutes les figures d'une caryocinèse typique dans les mélanophores passant de l'état uninucléé à l'état binucléé. La caryodiérèse est suivie d'une cytodiérèse incomplète, les deux cellules filles restant largement soudées par la région correspondant à l'équateur du fuseau de division, région où réapparaît une centrosphère.

Cette mitose semble s'opérer par crises et très rapidement : tandis que la plupart des individus examinés ne présentent rien, on trouve chez quelques-uns, dans un fragment minime de la peau, un nombre élevé de mélanophores en division. J'ajoute que le phénomène n'est nullement caractéristique de la période embryonnaire ; je l'ai retrouvé plus tard chez de jeunes truites d'une longueur de dix centimètres.

Je n'ai pas eu l'occasion d'étudier la formation des noyaux multiples.

Lucien Jeanneret. — *Héliothérapie et pigmentation.*

Ce travail a paru dans la *Revue médicale de la Suisse romande.*

Fr. Messerli. — *Les mensurations corporelles des recrues tuberculeuses; la fréquence de la tuberculose chez les étudiants.*

Fr. Messerli. — *Détermination de la fréquence des vices de réfraction selon les professions.*

Assemblée générale du 5 mars 1919.

E. Wilczek. Impuretés du cacao. — Paul-L. Mercanton. Les variations des glaciers et l'enneigement des Alpes suisses. — Henri Sigg. Le minerai de molybdène de la vallée de Baltschieder (Valais). — E. Wilczek. Institut géobotanique Rübel.

E. Wilczek. — *Impuretés du cacao.*

La Société des chocolats au lait Peter et Kohler, à Orbe, m'a envoyé en 1917-1918 un certain nombre d'impuretés triées dans des cacaos de différentes provenances et consistant en fruits et en graines diverses. J'ai réussi à en identifier la plus grande partie. Je me suis demandé si ces impuretés ne pourraient pas servir à déterminer la provenance d'un cacao donné, comme cela a été fait pour diverses graines, auxquelles se trouvaient mêlés des débris de mauvaises herbes.

Pour le cacao, les fruits, très grands, sont récoltés directement sur l'arbre et le mélange des impuretés doit s'opérer dans les fermes à cacao ou dans les entrepôts, alors que la marchandise « terrée » se trouve amoncelée en grands tas qui voisinent avec des tas d'autres fruits ou graines, tels que les arachides, le cola, les fruits du palmier à huile, les fèves, etc.

Il importe de faire remarquer que la détermination de l'origine d'un cacao d'après les impuretés qu'il contient se heurte à une difficulté. Les plantes utiles des pays tropicaux ont été largement répandues par la culture dans toutes les colonies intertropicales. De nombreux produits coloniaux ont cependant une provenance parfaitement déterminée. J'attribue une plus grande importance aux impuretés qui n'ont pas de valeur commerciale ou qui ne proviennent pas de plantes cultivées.

Cette étude mérite d'être continuée; la bibliographie que j'ai pu consulter à ce sujet ne m'a fourni aucune indication. Je serai reconnaissant aux fabriques de chocolat qui voudront bien m'envoyer les impuretés triées dans les cacaos en indiquant la provenance vraie ou supposée de ces derniers.

Paul-L. Mercanton. — *Les variations des glaciers et l'enneigement des Alpes suisses en 1918.*

Le régime de crue qui a débuté en 1913 chez les glaciers des

Alpes suisses semble bien avoir atteint un maximum de généralité en 1916; en 1917 déjà la proportion des appareils en crue avait diminué un peu; cette diminution s'est accentuée encore en 1918. Le tableau suivant le montre :

Années.	Crue.	Glaciers en Stationnement.	Décrue.
1912	45	4	51
1913	33	8	59
1914	36.5	10	53.5
1915	39.5	10.5	50
1916	63.5	8	28.5
1917	50	5.5	44.5
1918	46.5	14	39.5

La légère diminution du nombre des glaciers en décrue et l'augmentation correspondante du nombre des stationnaires s'expliquent par les conditions de l'été 1918, spécialement défavorables à l'ablation; un été normal eût sans doute accentué la tendance à la décrue.

Cette statistique ne saurait signifier que de nouveaux glaciers ne se soient pas mis en crue. Ainsi celui de Lötschen, qui s'est allongé de 61 m, chiffre énorme ; celui d'Orny (7 m), celui de Prapioz (12 m) et le glacier de Grindelwald-Inférieur. Pour la plupart des appareils déjà en crue décidée cependant l'allongement a continué et même s'est accentué; tels ceux du Rhône, de Rossboden, de Roseg, de Trient, de Saleinaz, du Grindelwald-Supérieur. Ce dernier avançait même tout récemment de quelque 30 centimètres par jour. D'autre part, nos plus grands glaciers, l'Aletsch, le Morteratsch, l'Unteraar, le Gorner n'ont pas cessé de décroître.

Une fois de plus s'affirme l'extrême individualisme des glaciers et par là même la nécessité de poursuivre leur contrôle. Les études nivométriques inaugurées en Suisse par l'installation en 1902 de notre premier nivomètre d'Orny, ont pris maintenant, surtout par la collaboration de l'active Commission glaciologique zuricoise dont notre collègue M. de Quervain fut le promoteur, un tel développement qu'il n'est plus possible d'entrer ici dans le détail des résultats obtenus. Le rapporteur se bornera donc à résumer seulement deux des groupes nivométriques qu'il soigne :

Col d'Orny. L'échelle nivométrique (alt. 3100 m a indiqué les résidus d'enneigement ci-après, en automne :

1916 + 1 m; 1917 — 4 m; 1918, 0 m.

Les mesures sur l'emplacement de la balise ont également indiqué une variation de niveau négligeable. A ce même endroit il a été pratiqué des prélèvements du névé au moyen de la sonde de Church et nous avons réussi à retrouver la couche d'ocre marquant la surface

du névé le 27 septembre 1917; le glacier s'est incorporé 155 cm. de neige tassée, soit 68 cm d'eau depuis ce moment-là. Quant au totalisateur, il a emmagasiné, du 27 septembre 1917 au 29 septembre 1918. 286,5 cm d'eau, savoir 236 cm du 27 septembre 1917 au 9 juin 1918 et 50,5 cm depuis. A Orsières, il n'est tombé que 31 cm pendant la première période et 33 cm. dans la seconde, soit en tout 64 cm.

Diablerets. Le résidu automnal au nivomètre (3000 m) a été en 1916 — 0,5; 1917 — 4 m; 1918 — 2 m. Il y a donc eu encore déchaussement du rocher. La balise, perdue, a été remplacée. Le totalisateur du sommet (3250 m) a emmagasiné 204 cm d'eau, tandis qu'on en mesurait 145,5 au village même des Diablerets.

Eiger et *Aletsch.* Au nivomètre (3100 m), le résidu automnal a été : 1915 + 4 m.; 1917 — 9 m.; 1918 + 11 m.

Les nivomètres de la Place de la Concorde ont marqué un abaissement moyen de 3 m. Le totalisateur a mesuré 209 cm. d'eau (Service fédéral des eaux).

En 1918, l'enneigement hivernal a été, somme toute, médiocre et même inférieur à l'ordinaire, mais le début de l'été, froid, a davantage encore réduit le désenneigement estival, d'où un enneigement résultant plutôt *progressif.*

Henri SIGG. — *Le minerai de molybdène de la vallée de Baltschieder (Valais).*

Dans un travail complet, qui paraîtra dans le prochain numéro du *Bulletin* de la Société vaudoise le gîte de molybdénite (MoS_2) de la vallée de Baltschieder, massif du Rotlauihorn, sera étudié tant au point de vue pétrographique et descriptif qu'au point de vue métallogénèse. Cette petite note a pour but de décrire plus spécialement le minerai.

La molybdénite se rencontre essentiellement dans une aplite en relation directe avec la protogine de l'Aar, et injectant le facies clastique du granit de Baltschieder, celui-ci supposé plus ancien que le granit de l'Aar (protogine). Cette aplite est absolument normale au point de vue pétrographique et les phénomènes de métamorphisme de contact sont à peu près nuls, macroscopiquement et microscopiquement parlant. Les salbandes n'existent pas, et le passage du régime filonien aux encaissants se fait sans à-coup, quoique rapidement. Le minerai, gris d'acier, éclat métallique très vif, forme soit des feuillets parfois largement développés, de plusieurs centimètres carrés de surface, soit des mouches finement et inégalement réparties dans la masse de remplissage filonienne. Cette molybdénite ne semble pas avoir subi d'altération secondaire, car elle est presque théorique-

ment pure. Tout au plus, et après un examen très minutieux, peut-on parfois remarquer au voisinage des encaissants une légère teinte jaune, toute superficielle, de molybdine (MoO_3). D'autres taches brunâtres, plus ou moins foncées, sont dues au fer libéré par la roche environnante.

Le minerai est pur, si on l'envisage au point de vue industriel, et répond presque strictement à la formule MoS_2. Mais le microscope montre que, souvent, entre les différents feuillets micacés de MoS_2 vient s'intercaler un peu de matière étrangère, que nous avons dosée comme gangue, et il semble bien difficile de se débarrasser de cette gangue d'interposition par simple lavage.

La gangue n'est pas essentiellement formée de silice, comme on aurait pu le supposer. L'acide fluorhydrique enlève la presque totalité du résidu insoluble, mais il reste un peu d'alumine.

Le minerai n'est pas exclusivement cantonné dans le facies aplitique, mais passe latéralement dans les encaissants, sous forme de fines mouches largement disséminées. Le phénomène de départ est ici très net, et nous sommes en présence d'un gîte qui présente probablement deux temps : un premier temps qui comprend la montée aplitique, puis, et immédiatement après, le second temps, fumerollien, minéralisant la roche filonienne par pneumatolyse. Il semble, en effet, au microscope, que le minerai a rempli de petites fentes et fissures préexistantes dans la roche. Le caractère à deux temps n'est cependant pas suffisamment net pour permettre d'être absolument affirmatif.

Au point de vue pétrographique, on voit que la montée aplitique n'a amené qu'une transformation insignifiante sur les encaissants. Il y a pourtant, au voisinage de la zone de contact, qui n'est qu'un passage rapide de l'aplite au granit de Baltschieder (facies clastique) une concentration anormale de *microcline*. Puis, si l'on se rapproche de la région granitique et des bandes foncées de *biotite*, apparaît en assez grande quantité l'*épidote*. La *mouscovite* est également largement représentée. Au voisinage de la zone de contact, la cristallisation du *quartz* et du *feldspath* est diffuse et très finement microgrenue.

La veine aplitique comporte du *quartz*, en grandes plages allotriomorphes, extinctions roulantes, inclusions rares. Comme éléments feldspathiques, il faut noter le *microcline*, l'*orthose* rarement maclée, la *perthite* et la *microperthite*, puis des plagioclases voisins de l'*oligoclase*. L'*albite* est également présente, à côté du quartz, dans la masse finement grenue. Comme éléments accessoires, citons encore la *mouscovite*, un peu de *biotite* fortement cloritisée. On observe, pour ce minéral, des formes centro-radiées, avec ceinture opaque de magnétite et passage à l'hématite.

Composition chimique de la montée aplitique.

		Analyse brute.	Analyse ramenée à 100 parties.	Quotients		
SiO_2	=	76,32	75,50	1,2600	1,26 RO_2	
Al_2O_3	=	10,98	10,84	0,1080	0,1257 R_2O_3	
Fe_2O_3	=	2,87	2,84	0,0177		
FeO	=	1,17	1,16	0,0161	0,0534 RO	0,1561 $\overline{RO}$
MnO	=	traces	—	—		
MgO	=	0,31	0,31	0,0077		
CaO	=	1,68	1,66	0,0296		
Na_2O	=	3,86	3,82	0,0615	0,1027 RO	
K_2O	=	3,91	3,87	0,0412		
H_2O	=	0,57				
		101,67	100,00			

Coefficient d'acidité $\alpha = 4,98$.
Coefficient de basicité $\beta = 22,37$.
Rapport $R_2O : RO = 1,92 : 1$.
Formule magmatique $= 10,02\ RO_2 : R_2O_3 ; 1,24\ \overline{RO}$.

M. E. Wilczek entretient l'assemblée d'une fondation intéressante que vient de faire M. le Dr E. Rübel, à Zurich, sous le nom d'*Institut géobotanique Rübel.* Le but de cet institut est l'avancement de la géobotanique en général et en Suisse en particulier. Les revenus serviront à encourager tous les genres de travaux se rattachant à la géobotanique. L'institut conservera des liens étroits avec la S.H.S.N. et cela grâce à son comité qui comprendra des membres de la commission géobotanique de cette dernière.

M. Wilczek rappelle que la commission géobotanique a été créée au sein de la S. H. S. N. en 1914 grâce à un don de 25,000 francs fait dans ce but par M. Rübel. Malgré la guerre, cette commission a déjà à son actif plusieurs publications importantes qui auront une portée internationale.

Assemblée extraordinaire du 2 avril 1919.

H. Faes. La culture du Pyrèthre. — Antonio Dias. Sur quelques gites de la vallée d'Hérens. — Maurice Lugeon. Sur le Sidérolithique de la Cordaz.

H. Faes. — *La culture du Pyrèthre* (Pyrethrum cinerariaefalium) *en Suisse.*

L'auteur énumère les diverses espèces de Pyrèthres cultivées pour l'obtention de la poudre insecticide. Il rappelle les difficultés rencontrées pour se procurer une poudre de bonne qualité régulière, les

falsifications, les mélanges, le broyage de fleurs trop âgées et par suite inactives. Les semis donnaient en général une très mauvaise réussite à la germination, les graines fournies par le commerce étant souvent trop vieilles, rôties ou même ne méritaient pas le nom de graines, étant parfois représentées uniquement par les fleurons desséchés de la composée...

La Station viticole de Lausanne sème et élève actuellement le Pyrèthre avec plein succès. La poudre obtenue se montre d'une efficacité insecticide supérieure aux poudres ordinaires du commerce, soit dans la lutte contre le Ver de la vigne (Cochylis) où elle donne des résultats remarquablement complets, soit dans les emplois divers où on a coutume de l'utiliser.

La Station viticole a établi jusqu'ici 154 plantations, spécialement sur territoire valaisan et vaudois, pour lesquelles elle a distribué 57,695 plantes. Ce sont surtout les anciennes vignes désafectées, en sol quelque peu caillouteux ou léger, qui paraissent particulièrement convenir à cette composée.

Un certain nombre d'envois de graines et de plantes de Pyrèthre ont aussi été effectués en France, où les travaux de la Station viticole de Lausanne ont suscité un vif intérêt.

Antonio Dias. — *Sur quelques gîtes de la vallée d'Hérens* (Valais).

Le présent travail est un simple aperçu d'un sujet que nous sommes en train d'étudier. Il concerne les mines du val d'Hérens. La mine « de Comtesse », située sur la rive gauche de la Borgne, cote 1130 m, au-dessus de Prazjean, est encaissée par les schistes de Casanna, variété micacée. C'est un gîte de *blende et galène*, de caractère nettement filonien et hydrothermal. La gangue est formée de quartz dans lequel le minerai se concentre, et cette concentration est telle qu'elle prouve une formation en un temps : dépôt simultané des sulfures Zn S et Pb S et du quartz. La minéralisation est variable en direction et suivant le pendage et présente fréquemment l'allure « en colonnes ». Les salbandes sont formées d'une argile très siliceuse et chargée de soufre. Ce sont des produits de lessivages des épontes, car ici les éléments ferromagnésiens ont été complètement dissous par les eaux de circulation et précipités ensuite partiellement à l'état de *limonite*. Ces salbandes argileuses montrent fréquemment soit un miroir de faille bien net, soit même des stries de friction. Ces stries sont probablement dues à des mouvements postérieurs à la formation du gîte, quoique la question d'âge puisse peut-être être vérifiée sur le terrain, dans la suite. On peut, en outre, assez bien suivre la décomposition des épontes en argile siliceuse. C'est dans les endroits où les salbandes sont les plus décomposées que nous trouvons les plus fortes propor-

tions de *terre rouge*, dues à un enrichissement du minerai de fer et transformation des sulfures en carbonates.

Ce qu'il faut noter c'est la transformation de la galène à la partie haute du filon, position que n'explique pas sa plus forte densité de vapeur vis-à-vis de la blende. Pour expliquer la formation du gîte de Prazjean nous supposerons qu'elle est due à des émanations fumerolliennes sulfureuses liées à un batholite profond qui nous échappe grâce à l'empilement des nappes. L'âge du gîte est encore imprécis ; nous pouvons, en tout cas, entrevoir qu'il est contemporain des derniers soubresauts du mouvement alpin tertiaire. Un autre travail intéressant est le raccordement de la mine « de Comtesse » à la mine « de Barma », en face de Prazjean, et à celle de « Six des Fées », dans la vallée des Dix. Ce sera pour une prochaine communication. La montée des sulfures de *plomb* et de *zinc* fut accompagnée sporadiquement par le cuivre, car nous trouvons par places des mouches de chalcopyrite ou de malachite. Nous avons également rencontré dans un éboulis des rognons de chalcopyrite dans le quartz, ce qui, entre parenthèse, nous amène à la conviction que le gîte métasomatique de Saint-Martin, doit jouer avec une genèse semblable : présence des sulfures cuivriques dans un régime filonien quartzeux, puis déplacement latéral de ces sulfures. A côté de la *blende* et de la *galène* cristallisées, se trouve la *blende* dite « amorphe », ce que nous expliquons par une dissolution des sulfures et reprécipitation ultérieure. Dans le travail complet sur ces gites nous serons plus affirmatifs et en mesure de discuter de nouvelles questions. Nous donnons pour finir l'analyse intéressant la *galène* de Prazjean.

Gangue	10 %
PbS	84.6
FeS_2	1,7
ZnS	3,2
	99,5

Maurice LUGEON. — *Sur la Sidérolithique de la Cordaz* (Alpes vaudoises).

On sait qu'à la Cordaz, dans le chaînon d'Argentine, Renevier[1] a signalé un gisement priabonien qu'il a désigné sous l'expression de *couche à grosses Natices*, et qui est constitué par une couche d'environ un mètre de marnes schisteuses à *Nummulites striatus* supportant la couche à Natices épaisse d'environ 5 mètres. Sur elle domine la masse des grès nummulitiques.

Le fait singulier de la localisation du gisement demandait une nouvelle étude.

[1] RENEVIER, *Monographie géologique des Hautes Alpes vaudoises.*

Lorsque l'on monte du col des Essets vers la Cordaz, on constate l'absence totale de la couche à Natices. Les grès reposent directement tantôt sur le Cénomanien, tantôt sur l'Aptien. Brusquement le gisement se présente et on constate qu'il occupe une dépression ancienne creusée dans l'Aptien. C'est comme un sillon d'une ancienne vallée ou bien le creux d'une ancienne doline.

Or, en s'approchant du gisement, on constate que l'Aptien se *sidérolithise*, se transforme peu à peu en une superbe brèche à ciment rouge sidérolithique, semblable à celle que M. Lugeon a signalée dans une précédente communication (21 novembre 1917).

L'infiltration sidérolithique traverse tout l'Aptien et s'arrête exactement à la limite du calcaire urgonien. Sur l'axe de l'ancienne dépression, à une quarantaine de mètres des couches de base à Nummulites, on constate l'existence en plein Crétacé, d'une poche de fer sidérolitique d'une quinzaine de mètres de largeur sur trois d'épaisseur. On se trouve là devant un gîte de remplissage.

On peut alors envisager la succession du phénomène qui a donné lieu à ce curieux ensemble. Pendant toute la durée de l'Eocène inférieur et moyen, le pays a subi une dénudation. Sa surface devait présenter des valonnements et des dolines dans lesquelles avait lieu une active dissolution du calcaire. Les produits résiduaires argile et fer, ont pénétré dans les fentes des roches et dans les grottes. La poche s'est réduite en brèche par une incomplète dissolution. Le fer filtrant dans le fond de la doline s'est accumulé à une certaine distance sous la surface du pays. Plus tard, la mer, en transgressant, à couvert le territoire, pénétrant tout d'abord dans le vallon ou doline, où existent seul aujourd'hui les couches à Nummulites et à Natices. Plus tard, le tout a été recouvert par les grès.

L'étude détaillée de la base du Nummulitique des Hautes Alpes calcaires montrera certainement une série d'épisodes analogues.

Séance du 23 avril 1919.

P.-L. Mercanton. Variations de l'étoile nouvelle de l'Aigle. — Ch. Linder. L'industrie du fer en Suisse. — P.-L. Mercanton. Plasticité de la glace.

P.-L. Mercanton fait circuler une courbe des *variations de l'étoile nouvelle de l'Aigle* d'après les observations faites par M. Dumartheray, de Nyon.

Ch. Linder fait une conférence accompagnée de la projection de clichés sur l'*industrie du fer en Suisse.*

P.-L. Mercanton présente quelques clichés faits par M. Jost au Groenland, sur un phénomène de plasticité de la glace.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

DES TRAVAUX DE CHIMIE FAITS EN SUISSE

1918

Novembre.

186. Caeiro (Bento). Dosages physico-chimiques par précipitation accélérée. *Thèse*. Lausanne (Prof. Dutoit).
187. Dubois (Edm. M.). Versuche zur Synthese des Fisetols. *Dissert.* Bern (Prof. Tambor).
188. Fellenberg (Th. von). Eine Oxydationsmethode zur Bestimmung der ligninfreien Rohfaser in Kakao. Bern. Lab. des schweiz. Gesundheitsamtes. — *Mitt. Lebensmitteluntcrs.* **9**. 277.
189. Fichter (Fr.). Zwei Vorlesungsversuche. Basel. Anorg. Abt. der chem. Anstalt. — *Helv.* **1**. 430.
190. Gruner (P.). Die Štruktur des Atoms. Bern.
191. Hatt (Emil). Ueber die Photolyse des Uranylformiates. *Prom.-Arbeit*. Techn. Hochschule. Zürich (Prof. Baur).
192. Jantsch (Otto). Ueber Campholsäure. *Dissert.* Basel (Prof. Rupe).
193. Lievermann (C. S.). Ueber einige Nitroverbindungen des Thiodiphenylaminsulfoxyds. *Dissert.* Lausanne (Prof. Kehrmann).
194. Meyer (Leo). Bestimmung des Unverseifbaren in Fetten. Bern. Lab. des schweiz. Gesundheitsamtes. — *Mitt. Lebensmitteluntcrs.* **9**. 283.
195. Rupe (Hans), Werder (Markus) und Takagi (Kunihiko). Ketone des Camphers. Basel. Org. Abt. der chem. Anstalt. — *Helv.* **1**. 309.
196. Stettbacher (Alfred). Neuere Initialexplosivstoffe. Zürich. — *Zeitschr. Schiess- und Sprengstoffe* **11**. 1.
197. Stettbacher (Alfred). Pentaerythrit und sein Salpetersäureester. Zürich. — *Zeitschr. Schiess- und Sprengstoffe* **11**. 182.

198. Stettbacher (Alfred). Einfaches Prüfungsverfahren für Sprengstoffe. Zürich. — *Zeitschr. Schiess- und Sprengstoffe* **11**. 249.
199. Sträuli (Louis). Die Bestimmung flüssiger neben festen Fettsäuren. *Prom.-Arbeit.* Techn. Hochschule Zürich (Prof. Bosshard).
200. Stuckgold (Marcus). Solubilité et dissociation de quelques électrolytes dans l'éthyluréthane. *Thèse.* Lausanne (Prof. Dutoit).
201. Tobler (Richard). Ueber die Darstellung von 2,3-Amidonaphtoesäure und über 2,3-Naphtindigo. *Prom.-Arbeit.* Techn. Hochschule Zürich (Prof. Ceresole).
202. Tunmann (O.). Ueber den Nachweis der bei dem Verfahren von Stas-Otto aus der sauren wässerigen Lösung mit Aether ausschüttelbaren Gifte. Bern. — *Apoth.-Zeitung* **33**. 443. 447. 454.
203. Tunmann (O.). Zum Nachweis des Nicotins. Bern. — *Apotheker-Zeitung* **33**. 485.
204. Uhlmann (Fr.). Beitrag zur Pharmakologie der Vitamine. Bern. Pharmak. und physiol. Inst. — *Zeitschr. Biol.* **68**. 419.
205. Werder (Markus). Ueber Ketone des Kamphers. *Dissert.* Basel (Prof. Rupe).
206. Winteler (F.). Die Bildung von Azetaldehyd aus Azetylen. Baden. — *Technik und Industrie* **1918**. 391.
207. Wolter (Franz). Die chemische Wertbestimmung der Digitalis. *Dissert.* Bern (Prof. Tschirch).

Décembre.

208. Allemann (O.). Beitrag zur Kenntnis der sog. Reduktase der Kuhmilch. Liebefeld. — *Milchwirtschaftl. Zentralbl.* **47**. 282.
209. Baragiola (W. I.). Aepfelweine. Zürich. Techn. Hochschule. — *Zeitschr. Unters. Nahrungsmittel* **36**. 225.
210. Berger (Gerhard). Ueber die Mengen der mit Triketohydrindenhydrat reagirenden Bestandteile des normalen und pathologischen Speichels. *Dissert.* Zürich (Dr Herzfeld).
211. Berthoud (A.). Détermination de quelques constantes physiques de l'ammoniaque. Neuchâtel. Lab. de ch. physique. — *J. ch. phys.* **16**. 429.
212. Billeter (O.). Contribution à la recherche de minimes quantités d'arsenic. Neuchâtel. Lab. de chimie de l'Univ. — *Helv.* **1**. 475.
213. Blumer (Ferdinand). Ueber die Einwirkung von Oxalylchlorid auf Amine und Amide. *Dissert.* Zürich (Dr Dubsky).
214. Fritsch (R.). Findet sich Selen im pflanzlichen und tierischen Organismus? Zürich. Agr.-chem. Lab. der Techn. Hochschule. — *Zeitschr. physiol. Ch.* **104**. 48.

215. Jakob (Johann). Die Stereochemie der Koordinationsverbindungen. Zürich.
216. Karrer (P.). Bemerkung über das Vorkommen von Selenwasserstoff im Regen und Schnee. Zürich. Chem. Lab. der Univ. — *Helv.* **1**. 499.
217. Kjöllerfeldt (Marcus). Beitrag zur Kenntnis des Benzidins als Chromogen bei den biologischen Oxydationsreaktionen. Bern. Inst. für. physikal.-chem. Biol. der Univ. — *Pflügers Archiv* **172**. 318.
218. Kjöllerfeldt (Marcus). Beitrag zur Kenntnis der Peroxydase des Blutes. Bern. Inst. für physikal.-chem. Biol. der Univ. — *Pflügers Archiv* **172**. 335.
219. Kohlschütter (V.). Ueber disperses Aluminiumhydroxyd. Bern. Anorg. Lab. der Univ. — *Zeitschr. anorg. Ch.* **105**. 1.
220. Kohlschütter (V.). Ueber den graphitischen Kohlenstoff. Bern. Anorg. Lab. der Univ. — *Zeitschr. anorg. Ch.* **105**. 35.
221. Kreis (Walter). Versuche zur Darstellung von Diketenen. *Prom.-Arbeit.* Techn. Hochschule Zürich (Prof. Staudinger).
222. Laar (J. J. van). Sur la chaleur de dissociation des gaz biatomiques en rapport avec les valeurs élevées de l'attraction des atomes libres. — *J. ch. phys.* **16**. 411.
223. Leal de Sa Pereira (Raphael). Ein Beitrag zur Kenntnis des Cholins und seiner Beziehungen zur biologischen Radiumwirkung. *Dissert.* Basel (Prof. Staehelin).
224. Lifschitz (J.). Untersuchungen über Chemiluminescenz. Zürich. Chem. Lab. der Univ. — *Helv.* **1**. 472.
225. Maggi (H.). Zur Frage des Zusammenhangs von Diastase, Peroxydase und Katalase. Bern. Inst. für physikal.-chem. Biol. der Univ. — *Helv.* **1**. 433.
226. Pictet (Amé). Recherches sur la houille. Genève. Lab. de ch. org. de l'Univ. — *Annales de chimie* **10**. 249.
227. Reutter de Rosemont (L.). Contribution à l'étude de la constitution de la strychnine. Genève. — *J. suisse dé pharm.* **56**. 650.
228. Reutter (L.). D'une nouvelle méthode d'extraction des alcaloïdes. Genève. — *J. suisse de pharm.* **56**. 668.
229. Rupe (H.), Akermann (A.) und Takagi (H.). Die Reduktionsprodukte des Oxymethylencamphers. Basel. Org. Abt. der chem. Anstalt. — *Helv.* **1**. 452.
230. Takagi (Kunihiko). Untersuchungen auf dem Gebiete des Methylen-Camphers. Ueber Camphylcarbinol und seine Derivate. Camphoryliden-aceton. *Dissert.* Basel (Prof. Rupe).
231. Wille (F.). Beiträge zur Kenntnis der Hemicellulosenverdauung bei höheren Tieren und über das Vorkommen einer Hemicellu-

lose in tierischen Drüsen, nebst einigen Ergänzungen zur Anatomie der Weizenkleie. Zürich. Inst. für Pflanzenbau der Techn. Hochschule. — *Landw. Jahrb.* **52**. 411.

232. Winterstein (E.). Ueber das Vorkommen von Jod in Pflanzen. Zürich. Agr.-chem. Lab. der Techn. Hochschule. — *Zeitschr. physiol. Ch.* **104**. 54.

233. Winterstein (E.) und Weinhagen (A.). Beitrag zur Kenntnis der Nicotinsäurederivate. Ueber Guvacin und Isoguvacin. Zürich. Agr.-chem. Lab. der Techn. Hochschule. — *Zeitschr. physiol. Ch.* **104**. 48.

1919

Janvier

1. Allemann (O.). Zur Frage der Milchgerinnung und der physikalischen Beschaffenheit des Milchkoagulums. Liebefeld-Bern. Schweiz. milchwirtschaftl. Anst. — *Kolloid-Zeitschr.* **24**. 27.
2. Kasperowicz (Witold). Ueber das absolute Nullpunkt. Zürich. — *Schweiz. elektrotechn. Zeitschr.* **16**. 1.
3. Kasperowicz (Witold). Ueber das Schmelzen der Metalle mit Heissluft. Zürich. — *Chem.-Zeitung* **43**. 9.
4. Kehrmann (F.) und Zybs (Pauline). Ueber Aminoderivate des N-Methyl-phenazthioniums. Lausanne. Org. Lab. der Univ. — *Berichte* **52**. 130.
5. Kohlschütter (V.) und Haenni (P.). Zur Kenntnis des graphitischen Kohlenstoffs und der Graphitsäure. Bern. — *Zeitschr. anorg. Ch.* **105**. 121.
6. Last (Erwin). Ueber die quantitative Bestimmung von geringen Zuckermengen bei Gegenwart von höheren und niederen Eiweissabbauprodukten. Bern. Physiol. Inst. der Univ. — *Biochem. Zeitschr.* **93**. 66.
7. Reutter de Rosemont (L.). Contribution à l'étude de nouvelles méthodes d'extraction et de dosage des alcaloïdes. Genève. – *Bull. des Sc. pharmacol.* **26**. 23.
8. Schweizer (Charles). Le procédé aux sels minéraux dans la brasserie. Winterthur. — *J. suisse de chimie* **1919**. 5.

Février

9. Abelin (J.). Beiträge zur Kenntnis der physiologischen Wirkung der proteinogenen Amine. Wirkung der proteinogenen Amine auf den Stickstoffstoffwechsel schilddrüsenloser Hunde. Bern. Physiol. Inst. der Univ. — *Biochem. Zeitschr.* **93**. 128.

10. Briner (E.) et Baerfuss (A.). Contribution à l'étude de la formation de l'ammoniaque au moyen des décharges électriques. Genève. Lab. de ch. techn. et théor. de l'Univ. — *Helv.* **2**. 95.

11. Bürki (Friedrich). Beiträge zur Kenntnis des Neumann-Kopp'schen Gesetzes. Basel. Physik.-chem. Anst. der Univ. — *Helv.* **2**. 27.

12. Dubsky (J. V.). Mikroelementaranalyse organischer Substanzen. Zürich. Chem. Lab. der Univ. — *Helv.* **2**. 63.

13. Dubsky (J. V.). Zur Kenntnis der Diketo-piperazine. Zürich. Chem. Univ.-Lab. — *Berichte* **52**. 225.

14. Dubsky (J. V.) und Blumer (F.). Zur Kenntnis der Ketopiperazine. Einwirkung von Oxalylchlorid auf Alkyl-oxamide. Zürich. Chem. Univ.-Lab. — *Berichte* **52**. 215.

15. Dubsky (J. V.) und Blumer (F.). Zur Kenntnis der Diketopiperazine. Einwirkung absoluter Salpetersäure auf das Benzolsulfo-iminodiacetimid. Zürich. Chem. Univ.-Lab. — *Berichte* **52**. 218.

16. Dubsky (J. V.) und Blumer (F.). Zur Kenntnis der Diketopiperazine. Einwirkung absoluter Salpetersäure auf das 3. 5-Diketo-1-äthyl-hexahydro-1. 4-diazin. Zürich. Chem. Univ.-Lab. — *Berichte* **52**. 221.

17. Ephraim (Fritz). Ueber die Natur der Nebenvalenzen. Ammoniakate von Cupro- und Lithiumsalzen. Bern. Anorg. Lab. der Univ. — *Berichte* **52**. 236.

18. Ephraim (Fritz). Ueber die Natur der Nebenvalenzen. Goldverbindungen ; Ammoniakate von Doppelsalzen ; thermischer Zerfall von Doppelhalogeniden. Bern. Anorg. Lab. der Univ. — *Berichte* **52**. 241.

19. Fichter (Fr.) und Rius y Miro (Antonio). Die elektrochemische Darstellung von Salzen der Perphosphorsäure und der Phosphormonopersäure. Basel. Anorg. Abt. der chem. Anst. — *Helv.* **2**. 3.

20. Gränacher (Ch.). Die Mikroelementaranalyse schwefel-, halogenhaltiger und nitrierter Verbindungen. Die Doppelverbrennung. Zürich. Chem. Lab. der Univ. — *Helv.* **2**. 76.

21. Grün (Ad.). Zur Darstellung von optisch-aktivem Propylenglycol. Zürich. Chem. Univ.-Lab. — *Berichte* **52**. 260.

22. Hartmann (Max) und Wybert (Ernst). Ueber Thiënylchinolincarbonsäure. Basel. Pharm.-chem. Lab. der Gesellschaft für chem. Industrie. — *Helv.* **2**. 60.

23. Jermstad (Axel) und Gaule (Alice). Ueber das Verhalten des Zinn gegen destilliertes Wasser und wässerige, medikamentöse Lösungen. Zürich, Pharm. Inst. der Techn. Hochschule und Basel, Lab. der Soc. suisse des brevets Unic. — *Schweiz. Apotheker-Zeitung* **57**. 89. 109.

24. KARRER (P.). Ueber Oxycarbonylverbindungen. Eine neue Synthese von Oxyaldehyden. Zürich. Chem. Lab. der Univ. — *Helv.* **2**. 89.

25. OTTIKER (A.). Der Wert der fett- und zuckerfreien Trockensubstanz für die Beurteilung der Milch. Zürich. Vereinigte Zürcher Molkereien. — *Schweiz. Apotheker-Zeitung* **57**. 121.

26. REICH (S.) und NICOLAEVA (V.). Cyclisations avec départ d'un groupe nitro. Genève. Lab. de ch. org. de l'Univ. — *Helv.* **2**. 84.

27. SCHOOP (M. U.) und KASPEROVICZ. Ueber das elektrische Metallspritzverfahren. Zürich. — *Schweiz. Elektrotechn. Zeitung* **16**. 33.

28. TSCHIRCH (A.). Ueber Resinole und Resinotannole. Bern. — *Schweiz. Apotheker-Zeitung* **57**. 61. 77.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

AVRIL 1919

Le 1, neige de 7 h. 30 à 22 h. 30 et dans la nuit, haut. 10 cm.
2, neige dans la nuit.
3, pluie dans la nuit.
4, pluie de 10 h. 40 à 12 h. 20, de 15 à 16 h., de 17 h. 10 à 19 h. et dans la nuit.
5, brouillard le matin.
7, rosée le matin, pluie dans la nuit.
8, pluie de 7 h. 30 à 11 h. 10, de 13 à 13 h. 50 et dans la nuit.
9, pluie dans la nuit.
10, petite pluie de 7 h. 30 à 9 h. et dans la nuit.
11, pluie dans la nuit.
12, pluie à 21 h. 30.
13, pluie de 17 h. 30 à 18 h. 40, orage à 17 h. 45, vent fort depuis 12 h.
14, pluie de 18 h. 20 à 22 h. et dans la nuit, vent fort depuis 13 h.
15, pluie à 11 h. 30, orage, pluie et grêle à 14 h., orage à l'W à 19 h. 45, pluie dans la nuit, vent très fort toute la journée.
16, pluie intermittente toute la journée et dans la nuit.
17, pluie intermittente dans la journée.
les 18, 19, 20, 21, 22 et 23, très forte bise.
le 24, pluie dans la nuit, neige sur les montagnes environnantes.
25, pluie de 7 h. 30 à 10 h. 20.
26, forte gelée blanche le matin, pluie dans la nuit.
27, pluie et neige de 7 h. 30 à 9 h. et dans la nuit.
28, pluie et neige de 7 h. 30 à 10 h. 40, de 18 à 20 h. et dans la nuit.
les 29 et 30, pluie et neige intermittente toute la journée et dans la nuit.

Hauteur totale de la neige : 10 cm tombés en 1 jour.
Neige sur le sol, provenant des chutes du 31 mars au 1er avril, du 1 au 5.

GENÈVE — AVRIL 1919

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 8 obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Max.	Vent 7 ½	13 ½	21 ½	Dominant	V. moy. km/h.	Nébulosité 7 ½	13 ½	21 ½	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Nomb. d'heur.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm										h.	mm	
1	19.3	19.9	20.3	19.54	− 4.99	17.8	20.4	NNE 0	NNE 0	NNE 1	NNE 1	6.7	10	10	10	10	0.0	**11.2**	**19**
2	21.2	23.1	25.6	22.59	− 1.93	19.8	25.9	NNE 2	NNE 1	NNE 1	NNE 1	12.3	10	9	10	9	0.0	1.5	2
3	26.8	26.9	26.3	26.47	+ 1.96	25.7	27.4	NNE 0	NNE 1	E 0	NE 1	2.5	10	9	10	10	1.2	2.1	2
4	26.2	27.1	28.0	26.93	+ 2.43	26.1	28.5	SW 0	SW 0	NE 0	calme	0.8	10	10	9	10	0.2	4.6	8
5	28.1	27.2	26.3	27.36	+ 2.87	26.0	28.6	NE 0	NW 0	NE 0	calme	0.9	10	10	9	10	0.0		
6	26.7	26.1	25.7	26.20	+ 1.71	25.2	27.4	NE 0	NNE 1	NE 0	NE 1	2.5	10	0	0	3	6.8	....	....
7	23.7	20.8	17.1	21.23	− 3.25	15.8	25.5	NE 0	NNE 1	NE 1	NE 1	3.0	10	1	9	6	8.3	....	....
8	14.5	16.2	20.2	16.57	− 7.91	**13.8**	20.8	NNE 0	E 1	E 0	var.	3.0	10	10	10	10	0.0	6.3	5
9	20.6	20.1	21.0	20.56	− 3.92	19.7	21.9	NE 0	NNE 1	NNE 1	NNE 1	3.6	0	9	9	6	9.6	8.0	6
10	26.8	29.4	31.7	28.10	+ 3.61	22.2	32.3	NE 1	NNE 1	NNE 1	NNE 1	4.4	10	8	9	8	6.6	2.5	3
11	33.3	33.9	34.4	**33.46**	+ **8.97**	32.1	**34.7**	NNW 0	N 0	NE 1	calme	1.5	10	10	8	9	0.7	2.4	5
12	33.9	32.2	30.2	32.46	+ 7.96	28.8	34.6	E 0	W 1	SSW 1	var.	1.9	9	9	9	9	1.7	0.7	3
13	24.2	22.0	25.2	24.16	− 0.35	21.2	28.8	SW 1	SSW 3	SW 1	SW 2	14.7	4	9	9	8	2.4	....	....
14	22.9	20.0	17.9	20.96	− 3.56	16.4	25.3	SSW 1	SSW 2	SSW 1	SSW 2	15.9	1	3	10	6	8.1	4.0	1
15	16.0	16.4	18.6	**16.29**	− **8.24**	14.0	18.9	SSW 2	SSW 2	SSW 2	SSW 3	29.9	8	3	10	6	7.4	6.0	8
16	20.8	23.0	26.2	22.49	− 2.06	18.9	27.2	W 1	W 1	SW 1	SW 1	11.0	9	9	8	7	4.2	5.7	7
17	29.4	30.6	32.5	30.28	+ 5.72	27.2	33.5	SE 0	SE 1	NE 1	var.	3.4	9	9	5	9	1.4	2.3	5
18	32.0	31.1	30.0	31.59	+ 7.01	29.4	33.7	NNE 2	NNE 3	NNE 3	NNE 3	**41.4**	0	0	0	2	10.7	1.7	3
19	29.2	29.3	29.3	29.25	+ 4.65	28.7	29.7	NNE 2	NNE 2	NNE 1	NNE 2	22.9	3	5	1	3	11.1	....	....
20	29.1	28.4	29.6	29.10	+ 4.48	28.1	30.2	NE 1	NNE 3	NNE 3	NNE 3	26.7	7	0	0	1	12.0	....	....
21	32.0	32.1	31.5	31.56	+ 6.92	30.2	32.4	NNE 3	NNE 3	NNE 3	NNE 3	38.8	9	0	0	3	8.4	....	....
22	30.2	28.9	28.7	29.44	+ 4.77	27.7	31.3	NNE 3	NNE 3	NNE 3	NNE 3	40.4	0	0	0	0	**13.2**	....	....
23	26.6	26.3	26.9	26.67	+ 1.98	25.9	28.2	NNE 3	NNE 3	NE 1	NNE 3	27.6	0	0	0	1	12.8	....	....
24	25.7	24.2	22.7	24.62	− 0.10	21.3	27.0	SE 0	SSW 1	SW 0	SW 1	2.1	9	9	10	9	0.5	9.8	9
25	22.2	24.6	27.2	23.91	− 0.84	20.2	27.4	NNE 1	NNW 1	NE 1	NNE 1	6.5	10	9	10	9	0.0	0.4	3
26	27.3	24.8	23.5	25.46	+ 0.68	22.9	27.4	SW 0	SW 1	SW 2	SW 1	5.8	1	3	10	6	8.8	3.5	3
27	25.0	25.6	22.3	24.20	− 0.61	20.3	25.9	NW 1	SE 1	SW 1	SW 1	9.6	9	9	0	4	5.3	0.1	2
28	17.9	19.0	18.7	18.64	− 6.20	17.7	20.3	SSW 1	SSW 1	SW 1	SSW 1	13.4	10	9	10	10	1.1	3.9	8
29	20.3	21.7	22.1	20.73	− 4.15	18.7	22.3	SW 1	SW 1	SSW 1	SSW 2	19.4	9	9	10	9	2.3	2.5	6
30	21.4	21.4	19.5	21.01	− 7.90	19.0	22.0	W 2	SW 2	SW 2	SSW 2	19.8	8	9	10	9	1.0	2.5	6
Mois	25.11	25.08	25.31	25.06	+ 0.29							12.08	7.2	6.3	6.8	6.7	145.8	81.7	114

Jour du mois	Température							Fraction de saturation en 0/0							Tempér. du Rhône		Limnimètre
	7 1/2	13 1/2	21 1/2	Moyenne 8 obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	7 1/2	13 1/2	21 1/2	Moyenne 8 obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	Midi	Ecart av. la norm.	
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm
1	−0.3	1.1	0.6	**0.29**	− 6.54	**− 1.0**	1.8	100	82	100	**96**	**+24**	78	100	5.2	−2.1	975
2	0.4	2.9	2.6	1.61	− 5.35	− 0.4	3.2	97	74	72	84	+12	70	100	5.0	−2.3	990
3	1.0	5.6	3.5	3.19	− 3.91	0.0	6.2	95	74	83	83	+12	71	96	5.5	−1.9	975
4	2.2	4.6	4.0	3.65	− 3.59	1.8	5.5	96	90	97	93	+22	82	98	5.6	−1.9	975
5	3.0	6.2	6.4	5.16	− 2.22	2.2	8.7	99	91	91	93	+22	81	100	5.7	−1.9	955
6	4.8	10.5	8.1	7.24	− 0.27	3.2	13.7	95	73	85	83	+12	65	96	—	—	915
7	3.9	12.4	10.9	8.70	+ 1.05	2.3	14.7	93	61	76	78	+ 7	53	95	5.9	−1.8	945
8	7.8	8.0	7.0	7.84	+ 0.05	6.2	10.5	99	86	83	92	+21	80	100	6.0	−1.8	970
9	5.0	11.2	10.0	8.37	+ 0.44	3.0	12.8	86	51	64	69	− 2	43	90	6.3	−1.6	990
10	6.2	9.6	7.7	7.89	− 0.18	6.0	10.6	81	39	60	61	− 9	35	86	6.4	−1.6	1010
11	4.6	8.7	7.2	6.61	− 1.60	3.5	10.2	93	78	85	86	+16	75	95	6.5	−1.6	1010
12	8.1	16.7	13.0	11.85	+ 3.50	6.4	**18.2**	96	55	74	76	+ 6	50	97	6.8	−1.4	1015
13	11.6	17.1	8.4	**12.40**	**+ 3.91**	7.0	18.1	76	36	70	63	− 7	33	78	—	—	955
14	4.8	12.6	8.5	8.46	− 0.17	3.0	13.6	82	38	80	63	− 7	30	86	6.8	−1.6	1020
15	8.0	11.4	6.3	9.09	+ 0.32	5.3	12.6	81	49	68	63	− 7	34	88	6.8	−1.7	1005
16	5.2	4.4	4.9	5.65	− 3.26	3.8	10.4	81	97	81	78	+ 8	57	98	6.2	−2.4	1030
17	3.5	7 8	6.0	5.61	− 3.44	2.0	8.3	91	72	88	80	+10	64	93	6.1	−2.6	1035
18	6.0	9.1	8.2	7.43	− 1.76	4.0	11.3	68	51	57	63	− 7	45	92	6.2	−2.6	1060
19	7.8	11.0	9.4	9.05	− 0.29	6.0	12 3	65	62	74	65	− 5	53	81	6.7	−2.1	1030
20	8.6	13.4	12.8	11 28	+ 1.80	6.8	14.8	74	53	62	65	− 5	50	82	—	—	1015
21	7.1	9.3	7 0	8.57	− 1.05	6.5	12.4	68	57	49	59	−11	45	75	—	—	995
22	4.8	8.4	4.4	5.84	− 3.92	3.0	9.4	47	38	44	**43**	**−27**	**24**	55	6.9	−2.3	1030
23	1.0	5.0	5.2	3.45	− 6.46	− 0.2	7 6	48	29	46	45	−25	27	63	6 8	−2 5	1010
24	2.0	9.4	6.8	5.34	− 4.71	− 0.8	9.7	65	33	65	56	−13	30	74	6.7	−2.7	1010
25	2.6	5.7	4.5	4.35	− 5 85	1.0	6.6	96	66	60	79	+10	54	98	6.7	−2.8	1010
26	2.4	12.0	8.6	6.76	− 3.58	− 0.8	12.8	75	33	44	53	−16	30	84	6.7	−2.9	1005
27	3.8	6.6	5.0	5 79	− 4.69	3.0	9.7	90	57	54	67	− 2	41	93	—	—	985
28	5.0	3.4	2 6	3.31	− 7.32	0.7	7.2	78	60	80	72	+ 3	56	97	6.3	−3.5	980
29	1.4	2.6	2.5	2.21	**− 8.56**	0.0	5.5	68	86	91	75	+ 6	48	93	6.2	−3.7	980
30	3.2	5.8	3.0	3.28	− 7.64	0.3	6.5	73	61	70	72	+ 3	51	88	6.4	−3.6	975
Mois	4.52	8.42	6.50	6.34	− 2.63	2.79	10.16	82	61	72	72	+ 2			6 26	−2.52	995

MOYENNES DE GENÈVE — AVRIL 1919

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700 +

Heure	1 ½	4 ½	7 ½	10 ½	13 ½	16 ½	19 ½	22 ½	Moyenne
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	22.94	22.98	23.39	23.93	23.67	23 40	23.77	24.36	23 55
2e »	27.39	26.88	27.08	27.20	26.70	26.32	26.93	27.53	27.00
3e »	24.81	24.37	24.86	25.15	24.86	24.43	24 33	24.17	24.62
Mois	25 05	24.74	25.11	25.43	25.08	24.72	25.01	25.35	25.06

Température

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	3.99	3.55	3.40	5.25	7.21	7.48	6 53	5.74	5.39
2e »	6.85	5.98	6.82	10.15	11.22	11.48	9.19	8.25	8.74
3e »	3.70	2.81	3.33	5.70	6.82	7.02	5.33	4.41	4.89
Mois	4.85	4.11	4.52	7.03	8.42	8.66	7.02	6.13	6.34

Fraction de saturation en %

1re déc.	91	93	94	84	72	71	78	84	83
2e »	78	82	81	63	59	56	68	74	70
3e »	69	73	71	59	52	51	60	62	62
Mois	79	83	82	69	61	59	69	73	72

Dans ce mois l'air a été calme 211 fois sur 1000

Le rapport des vents $\frac{\text{NNE}}{\text{SSW}} = \frac{133}{70} = 1.90$

Moyennes des 3 observations (7 ½, 13 ½, 21 ½)

	mm
Pression atmosphérique. . . .	25.17
Nébulosité	6.8
Temp. $\frac{7\frac{1}{2} + 13\frac{1}{2} + 21\frac{1}{2}}{3}$ . . .	6°.48
Temp. $\frac{7\frac{1}{2} + 13\frac{1}{2} + 2 \times 21\frac{1}{2}}{4}$.	6°.48
Fraction de saturation.	72 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

		mm
Press. atmosphérique .	(1836-1875)	24.77
Nébulosité	(1847-1875)	5.8
Hauteur de pluie . .	(1826-1875)	56.8
Nombre de jours de pluie	»	11
Temp. moyenne. . .	»	8°.97
Fract. de saturation	(1849-1875)	70 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	Céligny	Collex	Chambésy	Châtelaine	Satigny	Athenaz	Compesières
Hauteur d'eau en mm	116.2	94.1	90.6	88.7	91.6	81.1	70.9

Station	Veyrier	Observatoire	Cologny	Puplinge	Jussy	Hermance
Hauteur d'eau en mm	92.7	81.7	82 8	88.3	98.7	93.9

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS DE

AVRIL 1919

Les 3, 6, 10, 12, 14, 18, 20, 21, 22, 24, 25 et 30, brouillard une partie de la journée.

les 8, 10, 11, 16 et 17, très forte bise.

GRAND SAINT-BERNARD — AVRIL 1919

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 3 obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 ½	13 ½	21 ½	Dominant	Nébulosité 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 3 obs.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm								
1	52.8	53.7	54.9	53.8	− 6.5	52.5	55.2	SW 1	SW 2	SW 2	SW 2	10	10	10	10
2	55.5	57.3	60.2	57.7	− 2.7	54.6	61.0	SW 1	SW 1	SW 1	SW 1	1	10	10	7
3	61.7	63.0	63.3	62.7	+ 2.2	61.0	63.5	SW 2	SW 2	SW 2	SW 2	10	10	10	10
4	63.3	64.0	64.5	63.9	+ 3.4	62.8	64.8	SW 0	SW 1	SW 1	SW 1	5	2	5	4
5	64.9	65.3	64.3	64.8	+ 4.2	64.1	65.6	SW 1	SW 1	SW 1	SW 1	9	10	10	10
6	63.4	64.0	64.0	63.8	+ 3.2	63.1	64.2	NE 1	NE 1	NE 1	NE 1	10	4	10	8
7	63.2	60.0	57.0	60.1	− 0.6	55.2	64.2	SW 1	SW 1	SW 1	SW 1	3	10	10	8
8	52.8	52.5	55.8	53.7	− 7.1	52.0	56.0	NE 3	NE 5	NE 5	NE 4	10	10	10	10
9	56.7	57.5	58.7	57.6	− 3.2	56.0	59.0	NE 1	NE 1	NE 1	NE 1	6	0	1	2
10	60.6	62.6	64.8	62.7	+ 1.8	58.8	65.2	NE 3	NE 1	NE 1	NE 2	10	10	10	10
11	65.6	67.2	69.4	67.4	+ 6.4	65.0	70.2	NE 3	NE 5	NE 5	NE 4	10	10	9	10
12	70.1	69.3	68.2	**69.2**	**+ 8.1**	67.4	**70.5**	NE 0	NE 0	NE 0	calme	10	1	1	4
13	64.8	62.0	60.4	62.4	+ 1.3	59.8	67.4	SW 0	SW 0	SW 1	SW 1	0	6	10	5
14	57.7	57.8	57.2	57.6	− 3.6	57.0	60.0	SW 0	SW 0	SW 3	SW 3	8	0	10	6
15	55.5	54.2	55.2	55.0	− 6.3	53.8	57.0	SW 0	SW 2	NE 1	var.	10	10	10	10
16	55.8	57.2	59.6	57.5	− 3.9	55.0	60.2	NE 0	NE 1	NE 3	NE 2	5	10	10	8
17	61.2	62.4	63.6	62.4	+ 0.9	60.2	63.8	NE 1	NE 3	NE 4	NE 3	10	10	10	10
18	64.0	64.8	64.7	64.5	+ 3.0	63.6	65.0	NE 1	NE 2	NE 2	NE 2	10	6	10	9
19	65.1	66.3	66.6	66.0	+ 4.4	64.5	66.8	NE 1	SW 1	SW 1	SW 1	2	6	0	3
20	65.8	66.6	67.3	66.6	+ 4.9	65.6	67.5	SW 1	SW 1	NE 0	SW 1	0	2	10	4
21	66.5	66.3	65.5	66.1	+ 4.3	65.0	67.3	NE 0	NE 0	SW 0	calme	10	10	0	7
22	64.3	61.4	60.0	61.9	0.0	59.2	65.0	NE 1	NE 2	NE 3	NE 2	10	2	0	4
23	57.8	57.7	59.0	58.2	− 3.8	57.6	59.2	NE 1	NE 1	NE 1	NE 1	0	2	0	1
24	58.0	58.3	58.2	58.2	− 3.9	57.8	59.0	NE 1	NE 1	NE 1	NE 1	10	10	10	10
25	56.8	57.1	59.4	57.8	− 4.4	56.8	59.6	NE 0	NE 2	NE 2	NE 2	10	10	10	10
26	59.7	59.6	59.0	59.4	− 2.8	59.0	59.8	NE 0	NE 1	NE 0	NE 1	0	2	10	4
27	56.3	58.2	57.6	57.4	− 4.9	56.0	59.1	NE 1	NE 1	SW 1	NE 1	10	10	2	7
28	55.8	52.6	52.2	53.5	− 8.9	51.9	57.4	SW 2	SW 2	NE 1	SW 2	10	10	10	10
29	51.8	53.7	55.1	**53.5**	**− 9.0**	**51.5**	55.5	NE 1	NE 1	NE 1	NE 1	10	10	2	7
30	55.3	54.7	54.4	54.8	− 7.8	53.8	55.5	SW 1	SW 1	SW 1	SW 1	8	10	6	8
Mois	60.09	60.24	60.67	60.33	− 1.30							7.2	7.1	7.2	7.2

Jour du mois	Température							Fraction de saturation en %						Pluie et Neige			
	7 1/2	13 1/2	21 1/2	Moyenne 3 obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	7 1/2	13 1/2	21 1/2	Moyenne 3 obs.	Min.	Max.	Ancien Pluie	pluv. Neige	Nouv. Pluie	pluv. Neige
	°	°	°	°	°	°	°							mm	cm	mm	cm
1	− 4.4	− 4.1	− 4.8	− 4.4	+ 1.1	− 7.0	− 3.4	100	96	96	97	94	100	**30.3**	**30**	30.0	**30**
2	− 4.4	− 2.6	− 3.4	− 3.5	+ 1.9	− 8.5	− 0.8	97	95	100	97	92	100	6.0	4	6.0	4
3	− 3.6	− 2.8	− 2.6	− 3.0	+ 2.2	− 4.0	− 2.3	100	100	100	100	99	100	3.0	2	3.6	2
4	− 2.8	0.2	− 2.0	− 1.5	+ 3.6	− 4.0	0.8	100	90	100	97	87	100	....	....	....	....
5	− 2.6	− 1.6	− 2.0	− 2.1	+ 2.9	− 4.5	− 1.0	97	100	100	99	91	100	7.0	4	5.5	3
6	− 1.6	1.2	− 2.0	− 0.8	+ **4.1**	− 3.0	3.2	100	87	100	96	75	100	9.8	9	7.1	8
7	− 3.0	− 0.8	− 4.8	− 2.9	+ 1.8	− 5.0	− 0.3	88	83	88	86	57	96	7.4	8	8.4	18
8	− 4.2	− 4.6	− 6.0	− 4.9	− 0.3	− 6.2	− 3.4	100	100	100	100	96	100	7.0	6	30.6	25
9	− 7.8	− 1.4	− 5.2	− 4.8	− 0.3	− 8.3	− 1.0	100	95	100	98	80	100	5.0	3	6.3	4
10	− 6.8	− 4.2	− 8.2	− 6.4	− 2.1	− 8.8	− 3.6	100	100	100	100	95	100	9.0	13	23.0	20
11	− 4.4	− 1.6	− 2.6	− 2.9	+ 1.3	− 9.0	− 1.4	100	100	85	95	78	100	12.0	6	22.0	13
12	− 2.0	1.6	− 1.4	− 0.6	+ 3.5	− 3.0	2.5	100	71	95	89	57	100	2.2	2	1.3	1
13	− 0.2	4.0	− 4.2	− 0.1	+ 3.9	− 6.7	4.2	78	53	100	77	38	100	11.0	12	18.0	20
14	− 8.2	− 3.2	− 3.8	− 5.1	− 1.3	− 9.0	1.8	90	37	100	76	**20**	100	10.0	10	9.0	10
15	− 4.4	− 5.4	− 9.2	− 6.3	− 2.6	− 9.4	− 3.6	100	80	89	87	54	100	8.0	8	8.8	8
16	− 8.8	− 3.2	− 9.4	− 7.1	− 3.6	− 9.7	− 1.0	89	70	100	86	55	100	4.0	3	6.7	6
17	−10.4	− 7.6	− 9.0	− 9.0	− 5.6	−10.5	− 7.3	100	97	99	99	96	100	5.0	7	5.8	8
18	− 9.8	− 6.6	− 7.0	− 7.8	− 4.5	−10.0	− 5.0	96	92	100	96	87	100	....	....	....	....
19	− 3.3	2.2	− 0.6	− 0.6	+ 2.5	− 7.3	**5.6**	62	62	70	**65**	51	88	....	....	....	....
20	0.2	3.6	− 1.4	**0.8**	+ 3.8	− 2.1	5.3	64	59	100	74	53	100	....	....	....	....
21	− 2.8	0.6	− 5.4	− 2.5	+ 0.3	− 5.8	1.8	100	84	93	92	42	100	....	....	....	....
22	− 6.4	− 6.2	−13.5	− 8.7	− 6.0	−15.5	− 4.3	99	54	90	81	45	100	....	....	....	....
23	−15.0	− 7.8	−13.4	**−12.1**	− **9.5**	**−16.2**	− 7.0	70	64	88	74	52	92	....	....	....	....
24	−11.4	− 6.1	− 7.8	− 8.4	− 6.0	−15.0	− 5.7	85	71	100	85	58	100	7.7	9	9.0	14
25	− 7.4	− 7.2	−10.2	− 8.3	− 6.0	−10.5	− 7.0	100	99	96	98	91	100	2.7	3	8.7	11
26	−11.0	− 6.0	− 9.2	− 8.7	− 6.6	−11.3	− 3.7	52	73	99	75	35	100	3.0	6	5.9	10
27	− 9.6	− 6.6	−10.6	− 8.9	− 6.9	−11.0	− 6.4	94	79	52	75	37	96	5.6	12	5.7	15
28	− 9.2	− 6.6	−11.2	− 9.0	− 7.1	−13.0	− 6.0	95	95	94	95	46	98	11.0	20	14.0	30
29	−12.5	− 5.7	−12.8	−10.3	− 8.6	−14.1	− 4.8	87	62	83	77	54	92	5.2	5	6.0	7
30	−12.2	− 3.6	−11.0	− 8.9	− 7.3	−14.0	− 1.5	74	58	90	74	44	95	3.1	3	3.7	6
Mois	− 6.33	−3.07	−6.49	−5.30	−2.03	−8.75	−1.84	91	80	93	88			175.0	185	245.1	273

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD — AVRIL 1919

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — 0mm.22. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500mm + — Fraction de saturation en %

Heure	7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne	7 ½	13 ½	21 ½	Moy.
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	59.49	59 99	60.75	60.08	98	95	98	97
2e »	62.56	62.78	63 22	62.86	88	72	93	84
3e »	58.23	57.96	58.04	58.08	86	74	88	83
Mois	60.09	60.24	60.67	60.33	91	80	93	88

Température

Heure	7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne $\frac{7\frac{1}{2}+13\frac{1}{2}+21\frac{1}{2}}{3}$	Moyenne $\frac{7\frac{1}{2}+13\frac{1}{2}+2\times21\frac{1}{2}}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	– 4.12	– 2.07	– 4.10	– 3.43	– 3.60
2e »	– 5.13	– 1.62	– 4.86	– 3.87	– 4.12
3e »	– 9.75	– 5.52	–10.51	– 8.59	– 9.07
Mois	– 6.33	– 3.07	– 6.49	– 5 30	– 5 60

Dans ce mois l'air a été calme 189 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{79}{40} = 1.97$

Pluie et neige dans le Val d'Entremont

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	Grand St-Bernard Anc. P.	Grand St-Bernard Nouv. P.
Eau en mm . .	106.7	66.4	95.0	175.0	245.1
Neige en cm . .	20	44	97	185	273

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

MAI 1919

Le 1, pluie de 16 à 22 h. 30 et dans la nuit.
2, pluie dans la nuit.
3, pluie à 19 h. 30 et dans la nuit.
4, brise du lac de 11 à 18 h.
5, forte bise toute la journée.
7, forte rosée le matin, faible halo solaire à 12 h.
8, petite pluie à 7 h. 30, couronne lunaire à 19 h.
9, petite pluie dans la nuit.
10, orage au SW à 15 h. 45, petite pluie à 16 h. 30.
12, couronne lunaire à 22 h. 30.
les 13 et 14, brise du lac de 10 à 20 h.
le 15, orage au SE à 16 h. 45.
16, brise du lac de 9 à 19 h.
17, brise du lac de 11 à 19 h.
18, petite pluie à 7 h. 30.
19, petite pluie à 13 h. 15 et 13 h. 40.
20, forte bise de 10 à 21 h.
22, brise du lac de 10 à 18 h.
26, orage au SW à 12 h. 10 et à l'E à 15 h. 45, petite pluie à 12 h. 30 et 16 h. 35.
29, brise du lac de 11 à 17 h.
30, orage et pluie dans la nuit.
31, orage à l'E à 17 h. 15, petite pluie à 21 h. 30 et dans la nuit.

Remarques. — 1° De nouveau cette année, comme en 1918, la nébulosité du mois de mai est très faible : 3,3 ; cette fois c'est un record dépassant mai 1871 avec 3,4 et mai 1918 avec 3,6. — 2° La durée d'insolation est aussi très élevée, 276 h à l'ancien héliographe et 309 h au nouveau. C'est plus qu'en 1918, mais ce n'est que partiellement un record, car mai 1919 accusait aussi 276 h à l'ancien héliographe, mais 326 h au nouveau.

GENÈVE — MAI 1919

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm +							Vent					Nébulosité				Durée d'inso-lation	Pluie	
	7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 8 obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	7 ½	13 ½	21 ½	Dominant	V. moy. km/h.	7 ½	13 ½	21 ½	Moy. 6 obs.		Hauteur 24 h.	Nomb. d'heur.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm										h.	mm	
1	23.5	25.1	25.3	23.47	− 1.48	**19.0**	25.8	SW 1	SSW 1	W 0	SSW 1	8.8	8	10	10	9	1.9	**9.3**	**11**
2	26.6	26.5	26.1	26.32	+ 1.34	25.8	27.0	NW 0	SSW 1	W 0	SSW 1	3.0	10	10	10	10	0.1	2.2	3
3	25.2	26.6	27.6	26.32	+ 1.30	25.0	27.8	SSW 0	SW 1	NNW 1	SSW 1	5.9	9	9	9	10	0.0	1.5	2
4	28.0	27.4	26.7	27.31	+ 2.25	25.6	28.2	NNW 0	NNE 1	NNE 0	NNE 1	4.0	10	2	0	4	8.3	....	....
5	23.8	22.4	22.4	23.24	− 1.86	21.7	25.6	NNE 1	NNE 1	NNE 3	NNE 2	**19.6**	0	0	0	0	13.5	....	....
6	23.2	22.5	23.6	**22.90**	**− 2.24**	21.8	25.0	NNE 1	NNE 1	NNE 1	NNE 1	4.7	0	1	0	1	13.3	....	....
7	25.8	25.7	26.6	25.76	+ 0.58	25.0	27.3	NNE 1	NNE 1	NE 0	NNE 1	3.6	0	3	0	2	10.7	....	....
8	28.4	27.4	27.0	27.29	+ 2.07	25.7	28.8	SE 1	NNW 1	W 0	var.	2.6	10	0	2	5	7.8	....	....
9	27.2	25.5	25.7	25.95	+ 0.69	24.0	27.2	SW 1	NNW 1	SW 1	SW 1	9.8	2	1	9	4	10.1	0.4	1
10	26.0	25.2	26.8	25.81	+ 0.50	24.5	27.8	NNE 0	NNE 1	SSW 1	var.	3.4	9	4	9	7	6.3	0.1	....
11	30.0	30.4	32.9	30.35	+ 5.00	27.8	33.4	SSW 0	NNE 1	SW 0	NNE 1	2.6	1	3	3	4	9.6	....	....
12	34.4	34.0	33.2	**33.68**	**+ 8.29**	33.0	**34.6**	W 0	NE 1	NNE 1	var.	5.3	3	9	3	5	5.8	....	....
13	32.3	30.5	29.0	30.92	+ 5.48	28.9	33.1	N 1	N 1	SW 1	N 1	8.8	1	1	0	1	13.9	....	....
14	28.4	26.5	24.7	26.82	+ 1.34	24.3	29.0	SSW 0	NNE 1	NNE 0	NNE 1	6.0	0	0	0	0	13.5	....	....
15	24.6	23.2	23.2	23.84	− 1.69	21.8	25.6	S 0	NNE 1	NW 0	NNE 1	6.0	1	1	5	3	13.3	....	....
16	24.6	24.2	25.2	24.27	− 1.30	23.2	25.5	NNE 1	NNE 1	NE 0	NNE 1	7.8	1	1	0	1	11.7	....	....
17	26.2	24.9	24.6	25.17	− 0.45	24.0	26.3	SE 1	NNE 1	SE 0	NNE 1	5.8	1	1	0	1	13.0	....	....
18	24.3	24.6	25.1	24.71	− 0.95	24.1	25.3	W 0	NNE 1	NNE 1	NNE 1	10.2	1	1	1	1	4.7	....	....
19	25.4	25.5	27.0	25.76	+ 0.05	24.9	27.7	NNE 1	NW 1	NW 0	NNE 1	8.6	9	9	0	6	7.3	0.1	....
20	29.7	29.6	30.8	29.74	+ 3.99	27.7	31.1	NNE 0	NNE 2	NNE 1	NNE 2	15.7	9	9	0	5	**14.2**	....	....
21	31.8	30.1	29.9	30.59	+ 4.79	29.0	31.9	NNE 1	NNE 1	NNE 0	NNE 1	7.3	0	0	0	0	13.6	....	....
22	32.3	31.4	32.2	31.70	+ 5.86	30.7	33.0	SSW 0	NNE 1	SSW 0	var.	3.4	0	0	0	1	14.0	....	....
23	34.1	32.6	32.2	32.89	+ 7.00	31.4	34.1	S 0	NNE 1	NNE 0	NNE 1	6.0	0	1	0	0	14.1	....	....
24	31.5	30.0	30.6	30.71	+ 4.78	29.6	32.0	SSW 0	NNE 1	NNE 1	NNE 1	8.2	0	0	0	0	13.5	....	....
25	31.4	30.3	30.5	30.63	+ 4.65	29.6	31.5	NNE 1	NNE 1	NNE 0	NNE 1	5.6	0	0	0	1	10.0	....	....
26	30.2	29.9	30.3	30.16	+ 4.14	29.5	30.9	SSW 0	NNE 1	NNE 1	NNE 1	3.3	0	5	0	4	5.6	0.1	....
27	30.2	28.6	27.7	29.02	+ 2.95	27.3	30.7	NW 0	NNE 1	SW 1	NNE 1	6.0	7	8	1	4	13.5	....	....
28	28.1	27.2	27.7	27.60	+ 1.49	26.5	28.2	NNE 1	NNE 1	NNE 1	NNE 1	9.6	1	0	0	0	13.4	....	....
29	28.0	26.7	25.9	26.86	+ 0.70	25.1	28.1	SW 0	NNE 1	SSW 0	var.	4.8	1	0	0	1	14.1	....	....
30	26.7	25.4	25.0	25.64	− 0.56	24.0	26.8	NNE 1	NNE 1	SW 1	NNE 1	4.4	0	0	0	0	11.8	7.0	2
31	26.5	26.5	27.8	26.64	+ 0.39	25.8	27.9	W 0	W 1	SSW 0	var.	3.8	3	7	10	5	6.5	0.8	1
Mois	28.02	27.30	27.53	27.49	+ 2.25							6.60	3.4	3.2	2.6	3.3	309.1	21.5	20

Jour du mois	Température 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 8 obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	Fraction de saturation en 0/0 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 8 obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	Tempér. du Rhône Midi	Ecart av. la norm.	Limnimètre
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm
1	3.6	5.4	2.6	**3.64**	− **7.42**	**0.5**	7.0	65	63	95	75	+ 6	48	98	6.3	−3.8	970
2	4.8	10.4	8.5	7.71	− 3.50	2.4	11.9	97	62	82	81	+11	60	98	6.2	−4.0	960
3	9.8	12.3	9.5	9.91	− 2.64	7.0	13.3	80	71	95	82	+12	65	97	6.5	−3.8	980
4	8.2	11.4	11.4	10.68	− 0.81	7.0	14.8	96	76	83	**84**	+14	71	**99**	—	—	955
5	11.4	13.3	10.7	11.71	+ 0.07	6.8	16.0	75	46	86	67	− 3	37	93	7.5	−3.0	985
6	7.6	14.0	10.5	10 88	− 0.90	5.5	17.9	76	45	57	63	− 7	40	94	7.8	−2.9	980
7	8.8	14.1	11 5	10 80	− 1.13	4.0	15.5	76	51	70	65	− 5	42	80	9.2	−1.5	995
8	7.8	13.0	13.3	11.11	− 0.96	6.5	16.2	83	64	60	72	+ 2	52	86	9.5	−1.4	985
9	10.0	17.4	14.4	13.56	+ 1.35	7.5	20 2	84	43	67	64	− 6	30	85	9.5	−1.5	990
10	11.8	16.4	13.2	13.76	+ 1.40	10.0	19.9	87	53	80	69	− 1	36	88	10.3	−0.8	1005
11	13.6	18.2	15.7	14.75	+ 2.25	8.0	20.3	80	44	64	64	− 6	38	85	—	—	1040
12	12.8	16.6	15.4	14.70	+ 2.06	9.0	19 9	75	64	75	69	− 1	51	82	10.8	−0.5	1005
13	13.2	19.8	16.2	15.77	+ 2.99	11.6	21.1	84	55	63	68	− 2	50	87	10.8	−0.7	1035
14	14.4	18.8	17.8	16.05	+ 3.13	9.3	22.1	76	56	55	64	− 6	42	83	13.3	+1.7	1045
15	15.8	20.1	18.0	16.89	+ **3.82**	10.0	23.2	71	45	64	61	− 9	40	81	13.8	+2.1	1075
16	13.2	18.5	14.8	15.65	+ 2.44	10.9	21.5	60	49	54	58	−12	38	83	14.7	+2.9	1160
17	11.4	17.9	16.0	14.79	+ 1.44	6.8	21.5	69	44	54	56	−14	34	78	15.0	+3.1	1185
18	13.2	15.0	11.6	13.17	− 0.22	10.3	16 8	80	59	80	73	+ 3	55	85	—	—	1205
19	9.5	13.0	11.7	11.34	− 2.28	8.5	14.5	78	75	85	73	+ 3	57	88	14.3	+2.1	1235
20	9.4	14.4	11.4	11.36	− 2.40	6.0	16.0	70	44	49	60	−10	37	87	14.0	+1.7	1245
21	8.9	16.2	13.9	11.91	− 1.99	4 0	19.2	62	41	58	55	−15	38	76	14.3	+1.9	1255
22	10.4	17.2	15.0	13.76	− 0.27	5.9	21.1	70	40	58	58	−12	30	82	13.7	+1.2	1230
23	12.0	19.5	15.0	15.05	+ 0.88	8.2	22.0	65	41	58	**53**	**−17**	**20**	84	14.0	+1.4	1235
24	12.7	21.8	16.2	15 55	+ 1.25	8.3	23.0	64	29	53	54	−16	26	78	14.3	+1.5	1235
25	12 0	19.0	17.0	15.02	+ 0.58	8.5	20.2	72	37	50	54	−16	33	80	—	—	1255
26	14.0	17.4	13.8	14 72	+ 0.15	10.8	22.5	66	60	80	64	− 6	45	82	14.5	+1.5	1245
27	11.8	18.1	15.8	14.59	− 0.11	8.5	21.6	82	47	52	60	−10	23	87	15.2	+2.1	1255
28	12.4	17.7	13.6	14.18	− 0.65	8.8	20.0	72	54	60	60	−10	34	78	15.4	+2.2	1260
29	13.1	18.2	16.1	14.46	− 0.50	7.0	21.0	70	51	53	60	−10	40	80	—	—	1265
30	12.8	19.6	18.0	15.99	+ 0.90	8.5	22 6	71	42	50	57	−13	28	78	15.5	+2.0	1275
31	14.6	21.8	14.5	**16.99**	+ 1.78	12.5	**24.1**	91	50	86	75	+ 5	45	94	15.4	+1.8	1280
Mois	11.13	16.34	13.65	13.24	+ 0.04	7.70	18.93	76	52	67	65	− 5			11.99	+0.27	1123

MOYENNES DE GENÈVE — MAI 1919

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700 +

Heure	1 ½	4 ½	7 ½	10 ½	13 ½	16 ½	19 ½	22 ½	Moyenne
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	25.18	25.27	25.77	25.95	25.43	24 83	25.15	25.91	25 44
2e »	27.67	27.64	28.00	27.98	27.35	26 80	27.00	27.77	27.53
3e »	29.81	29.74	30.08	29.81	28.97	28.25	28.50	29.30	29.31
Mois	27.63	27.63	28.02	27.98	27.30	26.68	26.94	27.72	27.49

Température

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	7.73	6.66	8.38	11.23	12.77	13.64	12 45	10 15	10.38
2e »	11.44	9.70	12.65	15.64	17.23	18.49	16.36	14.07	14.45
3e »	10.64	8.66	12.25	16.00	18.77	19.96	17.48	14.22	14.75
Mois	9.96	8 35	11.13	14.35	16.34	17.45	15.50	12.86	13.24

Fraction de saturation en %

1re déc.	83	87	82	68	57	56	66	80	72
2e »	75	81	74	58	53	50	60	66	65
3e »	69	77	71	56	45	39	50	64	59
Mois	76	81	76	61	52	48	58	70	65

Dans ce mois l'air a été calme 263 fois sur 1000

Le rapport des vents $\frac{\text{NNE}}{\text{SSW}} = \frac{110}{17} = 6.47$

Moyennes des 3 observations (7 ½, 13 ½, 21 ½)

	mm
Pression atmosphérique. . . .	27.62
Nébulosité	3.1
Temp. $\frac{7\,½ + 13\,½ + 21\,½}{3}$ . . .	13°.71
Temp. $\frac{7\,½ + 13\,½ + 2 \times 21\,½}{4}$.	13°.69
Fraction de saturation.	65 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

		mm
Press. atmosphérique .	(1836-1875)	725 24
Nébulosité	(1847-1875)	5.8
Hauteur de pluie . .	(1826-1875)	79.2
Nombre de jours de pluie	»	12
Temp. moyenne. . .	»	13°.20
Fract. de saturation	(1849-1875)	70 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	Céligny	Collex	Chambésy	Châtelaine	Satigny	Athenaz	Compesières
Hauteur d'eau en mm	51.0	42.1	32.9	25.1	40.0	26.8	21.1

Station	Veyrier	Observatoire	Cologny	Puplinge	Jussy	Hermance
Hauteur d'eau en mm	25.0	21.5	24.7	?	25.2	28.9

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS DE

MAI 1919

Les 2, 3, 5, 10, 12, 15, 16, 19 et 20, brouillard une partie de la journée
le 4, brouillard toute la journée.
les 1, 2 et 3, très forte bise.

GRAND SAINT-BERNARD — MAI 1919

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 3 obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 ½	13 ½	21 ½	Dominant	Nébulosité 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 3 obs.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm								
1	54.8	58.0	59.4	**57.4**	**– 5.3**	**54.5**	59.7	NE 3	NE 2	NE 3	NE 3	10	10	10	10
2	60.8	61.7	61.5	61.3	– 1.5	59.5	61.8	NE 4	NE 3	NE 1	NE 3	10	10	4	8
3	61.6	63.0	64.2	62.9	0.0	61.4	64.4	NE 2	NE 1	NE 4	NE 2	10	10	10	10
4	64.7	65.4	65.2	65.1	+ 2.1	64.2	65.7	NE 0	NE 1	NE 2	NE 1	10	10	10	10
5	61.6	61.0	60.7	61.1	– 2.0	60.3	63.3	NE 0	NE 1	NE 1	NE 1	10	2	0	4
6	59.4	60.3	61.8	60.5	– 2.7	59.2	62.0	NE 0	NE 1	NE 0	NE 1	0	0	5	2
7	62.5	64.1	65.4	64.0	+ 0.7	62.0	65.6	NE 1	NE 1	NE 0	NE 1	0	1	0	0
8	65.8	66.6	67.0	66.5	+ 3.1	65.6	67.0	SW 1	SW 1	SW 1	SW 1	3	8	8	6
9	66.0	66.0	66.1	66.0	+ 2.5	65.7	66.8	SW 1	SW 1	SW 1	SW 1	9	7	3	6
10	65.0	65.6	66.4	65.7	+ 2.1	64.8	66.6	SW 2	SW 1	SW 0	SW 1	10	10	10	10
11	67.8	69.2	70.8	69.3	+ 5.6	66.6	71.0	SW 1	SW 0	SW 1	SW 1	5	4	5	5
12	71.4	72.0	71.6	**71.7**	**+ 7.9**	71.0	**72.1**	NE 1	NE 1	NE 1	NE 1	10	1	10	7
13	70.5	70.5	69.7	70.2	+ 6.3	69.4	71.3	NE 0	NE 0	NE 0	calme	0	0	0	0
14	68.1	67.8	67.2	67.7	+ 3.7	67.0	69.4	NE 1	NE 0	NE 0	NE 1	0	0	0	0
15	66.8	65.8	65.1	65.9	+ 1.8	64.9	67.0	SW 0	NE 1	NE 0	NE 1	1	1	10	4
16	64.6	64.5	65.2	64.8	+ 0.6	64.3	65.2	NE 1	NE 1	NE 1	NE 1	10	1	0	4
17	64.5	64.4	64.3	64.4	+ 0.1	64.0	65.0	NE 1	NE 2	NE 1	NE 1	1	1	0	1
18	62.8	63.2	63.6	63.2	– 1.2	62.5	64.0	NE 1	NE 1	NE 1	NE 1	3	10	10	8
19	63.0	63.3	64.2	63.5	– 1.0	62.7	64.4	NE 1	NE 1	NE 1	NE 1	10	10	10	10
20	64.8	66.5	67.5	66.3	+ 1.7	64.2	67.6	NE 1	NE 2	NE 1	NE 1	10	0	0	3
21	67.3	67.7	68.7	67.9	+ 3.2	67.0	68.9	NE 1	NE 0	SW 0	NE 1	0	0	0	0
22	69.0	70.0	71.1	70.0	+ 5.2	68.9	71.1	NE 1	NE 1	NE 1	NE 1	0	0	3	1
23	70.8	71.1	70.8	70.9	+ 6.0	70.5	71.3	NE 1	NE 1	NE 2	NE 1	3	1	2	2
24	69.2	69.3	69.5	69.3	+ 4.4	69.0	70.5	NE 3	NE 2	NE 1	NE 2	2	2	0	1
25	68.7	69.0	69.7	69.1	+ 4.1	68.5	69.8	NE 2	NE 2	NE 1	NE 2	3	2	10	5
26	68.9	68.6	68.5	68.7	+ 3.6	68.4	69.4	NE 2	NE 2	NE 1	NE 2	7	5	10	7
27	67.1	67.1	67.0	67.1	+ 1.9	66.7	68.4	NE 0	NE 1	NE 1	NE 1	4	4	1	3
28	65.7	66.4	67.2	66.4	+ 1.1	65.5	67.2	NE 0	NE 0	NE 0	calme	6	2	0	3
29	67.0	67.2	67.2	67.1	+ 1.7	67.0	67.3	SW 1	SW 1	SW 0	SW 1	2	3	0	2
30	66.6	66.7	66.6	66.6	+ 1.1	66.5	67.1	NE 2	SW 0	SW 1	var.	2	5	3	3
31	66.8	67.2	67.8	67.3	+ 1.7	66.6	67.8	SW 2	SW 1	SW 0	SW 1	4	10	10	8
Mois	65.60	66.10	66.48	66.06	+ 2.22							5.0	4.1	4.6	4.6

Jour du mois	Température 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 3 obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	Fraction de saturation en % 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 3 obs.	Min.	Max.	Pluie et Neige Ancien pluv. Pluie	Ancien pluv. Neige	Nouv. pluv. Pluie	Nouv. pluv. Neige
	°	°	°	°	°	°	°							mm	cm	mm	cm
1	−11.6	− 8.5	− 5.6	**− 8.6**	**− 7.2**	**−13.6**	− 4.9	96	69	100	88	57	100	**12.5**	**15**	**21.8**	**26**
2	− 4.9	− 1.6	− 4.1	− 3.5	− 2.2	− 7.4	− 1.3	100	100	100	100	91	100	5.6	5	9.6	10
3	− 2.2	1.2	− 2.0	− 1.0	+ 0.1	− 4.6	1.7	100	88	100	96	80	100	4.7	2	5.6	3
4	− 2.2	3.1	− 0.4	0.2	+ 1.2	− 2.8	3.6	100	85	100	95	77	100	....	....	....	....
5	− 2.2	1.5	− 3.8	− 1.5	− 0.6	− 4.3	2.0	100	60	87	82	48	100	....	....	....	....
6	− 3.6	2.2	− 3.0	− 1.5	− 0.8	− 6.0	2.7	59	57	89	68	47	98	....	....	....	....
7	− 4.4	3.3	− 1.2	− 0.8	− 0.2	− 6.8	4.4	84	49	68	67	35	90	....	....	....	....
8	− 2.2	0.8	− 1.2	− 0.9	− 0.5	− 3.0	2.0	95	90	100	95	80	100	....	....	....	....
9	− 1.6	1.8	− 1.8	− 0.5	− 0.2	− 2.5	2.1	96	71	94	87	60	97	....	....	....	....
10	− 2.8	− 1.6	− 2.6	− 2.3	− 2.1	− 3.1	− 1.3	99	95	100	98	92	100	2.4	2	3.0	2
11	− 2.2	2.4	− 0.2	0.0	0.0	− 3.5	4.1	94	70	95	86	52	98	....	....	....	....
12	0.2	5.6	1.0	2.3	+ 2.2	− 0.2	6.8	100	65	99	88	50	100	....	....	....	....
13	2.7	7.6	3.1	4.5	+ 4.2	0.9	9.6	78	60	96	78	54	98	....	....	....	....
14	3.3	7.1	3.6	4.7	**+ 4.3**	2.0	7.4	80	65	81	75	60	87	....	....	....	....
15	3.0	8.9	2.6	4.8	**+ 4.3**	1.5	**9.8**	79	53	100	77	38	100	....	....	....	....
16	1.2	5.6	0.2	2.3	+ 1.6	− 0.2	6.0	100	67	87	85	51	100	....	....	....	....
17	− 1.2	3.0	− 0.2	0.5	− 0.3	− 2.0	3.5	89	56	95	80	48	97	....	....	....	....
18	− 2.6	2.4	− 1.4	− 0.5	− 1.4	− 3.0	3.4	100	82	100	94	67	100	1.0	1	3.8	2
19	− 0.8	0.3	− 3.6	− 1.4	− 2.5	− 4.5	3.8	89	86	100	92	48	100	3.4	2	12.0	8
20	− 5.2	1.4	− 1.8	− 1.9	− 3.1	− 6.5	1.8	98	60	66	75	30	100	....	....	....	....
21	− 1.2	4.2	− 1.0	0.7	− 0.6	− 3.0	5.4	57	57	79	**64**	37	88	....	....	....	....
22	− 1.0	5.2	0.9	1.7	+ 0.3	− 2.5	6.0	72	67	98	79	45	99	....	....	....	....
23	0.0	4.6	1.2	1.9	+ 0.3	− 1.0	5.1	89	68	76	78	44	93	....	...	....	....
24	0.6	4.0	0.2	1.6	− 0.1	− 1.0	4.8	79	56	69	68	48	85	....	....	....	....
25	2.6	3.6	0.4	2.2	+ 0.4	− 0.6	4.2	74	55	85	71	50	90	....	....	....	....
26	0.6	3.2	− 0.6	1.1	− 0.8	− 1.1	3.7	76	70	100	82	56	100	....	....	....	....
27	− 0.4	5.0	− 0.6	1.3	− 0.8	− 1.5	5.5	79	57	86	74	48	91	0.4	....	0.4	....
28	− 1.2	5.8	0.6	1.7	− 0.5	− 2.0	6.3	90	52	93	78	34	96	....	....	....	....
29	− 0.8	6.2	1.8	2.4	+ 0.1	− 2.5	7.8	90	52	77	73	33	95	....	....	....	....
30	2.4	8.4	4.2	**5.0**	+ 2.6	− 0.1	9.5	76	49	90	72	**28**	94	....	....	....	....
31	2.4	4.0	1.8	2.7	+ 0.2	1.3	4.4	82	80	100	87	73	100	....	....	....	....
Mois	− 1.14	3.25	−0.44	+0.56	+0.05	−2.70	4.19	87	67	91	82			30.0	27	56.2	51

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD — MAI 1919

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — 0mm.22. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500mm + — Fraction de saturation en %

Heure	7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne	7 ½	13 ½	21 ½	Moy.
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	62.22	63 17	63.77	63.05	93	76	94	88
2e »	66.43	66.72	66 92	66.70	91	66	92	83
3e »	67.92	68 21	68.55	68.23	79	60	87	75
Mois	65.60	66 10	66.48	66.06	87	67	91	82

Température

Heure	7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne $\frac{7\frac{1}{2}+13\frac{1}{2}+21\frac{1}{2}}{3}$	Moyenne $\frac{7\frac{1}{2}+13\frac{1}{2}+2\times21\frac{1}{2}}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	– 3.77	0 22	– 2.57	– 2.04	– 2.17
2e »	– 0.16	4.43	0.33	1.53	1.23
3e »	0 36	4.93	0.81	2.03	1.73
Mois	– 1.14	3.25	– 0.44	0 56	0 31

Dans ce mois l'air a été calme 247 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{71}{17} = 4.17$

Pluie et neige dans le Val d'Entremont

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	Grand St-Bernard Anc. P.	Grand St-Bernard Nouv. P.
Eau en mm . .	8.5	20.7	7.8	30.0	56.2
Neige en cm . .	0	0	3	27	51

REMARQUES GÉOLOGIQUES

SUR LE

Profil du champ pétrolifère de Boryslaw

EN GALICIE

PAR

ARNOLD HEIM
Zurich

(Avec 2 planches hors texte).

Introduction.

Le champ pétrolifère de Boryslaw, situé sur le bord frontal des Carpathes, est le plus important des nombreux champs de pétrole de la Galicie. Même après l'invasion russe, en été 1918, 150 puits y produisaient encore 2000 tonnes par jour. La « forêt » des tours s'étend sur une longueur d'environ 5 km avec une largeur maximale de presque 3 km (Communes de Boryslaw, Tustanowice, Popiele, Mraznica). Le forage le plus profond dépasse 1800 m. Boryslaw est la seule région de pétrole de la Galicie où, après le succès catastrophal de Tustanowice en 1907, on ait exécuté systématiquement des forages de plus de 1000 m de profondeur. Mais ce n'est que pendant la diminution de la production des années suivantes que quelques grandes sociétés ont commencé à consulter les géologues pour le contrôle régulier et scientifique des forages en cours d'opération. Malheureusement les géologues qui connaissent le mieux les forages ne sont pas autorisés à publier leurs résultats. Les profils publiés ne

donnent pas les derniers résultats de haute portée obtenus[1] ou bien ils manquent de vue d'ensemble et ignorent le grand chevauchement qui intéresse la région pétrolifère[2].

C'est pour cela que j'ai parcouru en été 1918 pendant quelques jours la région de Boryslaw, après avoir étudié plus spécialement en 1913 la zone productive plus interne de Schodnica. La partie intermédiaire de la planche ci-jointe a été complétée par les profils publiés de J. Hempel et de R. Zuber. Il est vrai que ce nouveau profil est loin d'être exact. Il faudrait lever le terrain au 1 : 25000 et dessiner systématiquement les coupes de tous les affleurements afin de les joindre à un ensemble.

Pendant mon séjour, M. Arpad Csonka m'a offert l'hopitalité dans sa villa des mines de cire et m'a facilité l'entrée dans les mines. D'autre part, j'ai été assisté dans mon étude par mes collègues et amis MM. Dr H. Hirschi, Dr W. Bernouilli, Max Frey et J. Hempel.

Remarques stratigraphiques.

Pour se faire une idée de l'amplitude des chevauchements il faudrait connaître avant tout la stratigraphie en détail, les changements de faciès et les *directions isopiques*, or aucun de ces points n'est élucidé encore. Dans la série tertiaire c'est la zone de passage de l'Eocène et de l'Oligocène qui présente le plus grand intérêt soit au point de vue comparatif, soit au point de vue de la production en pétrole.

Le profil de l'Eogène chevauché à la Tysmienica. — Dans le lit de la Tysmienica, à $^1/_2$ km au N du premier pont vers Mraznica, et surtout sur la pente à côté du puits « Berta I », les couches éogènes sont fortement disloquées, mais bien visibles, de sorte qu'on réussit à distinguer la succession stratigraphique suivante, du S au N (Pl. II, fig. 1) :

[1] Grzybowski, J., Boryslaw, une monographie géol., *Bull. int. Ac. d. Sc. de Cracovie*, 1907. Voir aussi H. Höfer, Das Erdöl, 1909, p. 301.

J. Hempel, Ueber die Tektonik von Mraznica, *Ropa*, t. IV, Dec. 1912.

[2] Noth, Jul., Verbreitung der Erdölzone in den Karpathenländern, Wien, 1916.

Zuber, R., Flisz i Nafta. Lwów, 1918, Fig. 49, p. 77.

2. *Crétacé supérieur.* — Grès de Jamna typique, gris, poreux, en bancs épais, 100 à 150 m, renversé, plongeant vers le pont de 30 à 35° au S 20° W (pl. I). Passage graduel par réduction des bancs de grès à

3. *Eocène.* — *a)* Grès siliceux en bancs de 1 à 15 cm avec intercalations de couches marneuses et schisteuses verdâtres, 50-80 m visibles, plongeant 60° S. Affleurements interrompus à 50 m.

b) Marnes bleues schisteuses, gréseuses, à mica, contenant quelques bancs de grès et de quartzite glauconieux jusqu'à 1 m d'épaisseur. Plissement de détail avec axes verticaux. Epaisseur environ 150 m.

c) 20 m de marnes bleues gréseuses, à tâches jaunes à la surface, contenant des blocs (concrétions ou bancs étirés?) jusqu'à 2 m de grès glauconieux ; ces couches verticales supportent avec une légère discordance :

d) 12 m de marnes bleues verdâtres. A la limite nette vers 4 s'intercalent des blocs ronds jusqu'à 1 m d'un calcaire dolomitique compact, gris bleuâtre à l'intérieur, blanc jaunâtre à la surface, contenant des grains fins de glauconie et de rares microorganismes (concrétions ?).

4. *Oligocène.* — *a)* 7 m de grès brun, tendre, roux à la partie inférieure, marneux au sommet et bien lité, donnant une faible réaction pétrolifère avec du CCl_3H. Discordance tectonique avec

b) 7,5 m base des schistes bitumineux ménilitiques ; 1,5 m schistes bruns, feuilletés ; 2,5 m de marnes jaunâtres à débris de plantes intercalées dans des schistes ménilitiques noirs, ensuite 3,5 m de schistes bruns, contenant deux bancs de grès. Passage rapide à :

c) Horizon d'opale (Menilitopal, Hornstein), 10 m ou plus, direction W 30° N. Les bancs de silex sont bruns ou noirs, en couches minces jusqu'à 20 cm (partie moyenne), alternant avec des couches minces de schistes bruns et avec quelques bancs de grès ordinaire. Limite nette avec

d) 5 m de grès à grains de glauconie, bien lités et rubannés, avec des parties poreuses, brunes, riches en pétrole asphalté (Oelsand) ; second banc pétrolifère de 1 m intercalé dans des schistes ménilitiques.

e) Série principale des schistes ménilitiques bitumineux, de quelques centaines de mètres, jaunes, bruns, noirs, broyés et contournés avec quelques bancs de grès généralement non pétrolifères, et blocs de quartzite glauconieux. A la base un « dyke » de grès quartzitique gris qui coupe obliquement les schistes (Pl. II, fig. 1).

Comparaison avec des régions voisines. — Tandis qu'à Rypne nous étions porté à supposer qu'il existe un passage rapide mais graduel de l'Eocène à l'Oligocène, la limite à Boryslaw comme à la rivière Opor au N de Skole (Pobuk) est nette avec *discontinuité sédimentaire.* Au lieu des marnes en plaquettes de l'Eocène supérieur, qui manquent à l'Opor et à Boryslaw, la série oligocène commence par un *grès en dessous du silex ménilitique.* Suivant K. Tolwinski[1] nous appelons cet horizon important *grès de Boryslaw.*

En comparant cette série avec celle de Rypne[2] nous constatons d'abord une grande différence dans l'Eocène. Les couches à bancs siliceux sont très réduites, tandis que les marnes bleuâtres sont épaissies de plus de 150 m. On pourrait croire qu'il y a là un renflement tectonique, mais à l'Opor, dans le flanc normal, ces mêmes marnes à blocs de grès épaisses d'une centaine de mètres s'intercalent seules entre le grès de Jamna et le grès de Boryslaw. Le grès de Jamna se termine — il est vrai — à l'Opor par un grès conglomératique à galets de calcaire récifal du type titonique et semble passer à un calcaire gréseux de quelques mètres à surface ondulée (Ripplemarks). Ce niveau pourrait représenter la base de l'éocène transgressif.

Le fait que l'Eocène de l'Opor est primairement réduit à une centaine de mètres de couches grises, argileuses, est d'autant plus remarquable que cet affleurement se trouve à une distance de 24 km seulement, suivant la direction des plis, de Schodnica, l'anticlinal au S de Pobuk correspondant à celui de

[1] Tolwinski, K., Archivum wiertnicze *(Archives des sondages)*, Czasopismo gorniczo-Hutnicze, Krakow, 1917, p. 293.

Il est à recommander *d'éviter complètement le terme de « grès de Cienzkowice »* mal défini, ayant été employé différemment par les géologues et ayant causé beaucoup de confusions.

[2] Voir Heim, Arnold, Observations géologiques sur la région pétrolifère de Rypne, *Archives*, 1919.

Schodnica, où l'Eocène, comprenant de nombreux lits de marnes rouges, a une épaisseur de 800 m. au moins (un puits est resté dans l'Eocène d'un bout à l'autre sur 1000 m de profondeur).

Dans la série autochtone de Boryslaw l'Eocène semble dépasser 300 m et y est caractérisé par des marnes parfois rouges.

Mais il n'y a pas que *la base de l'Eocène qui semble être incomplète par suite de fortes lacunes et d'érosions anciennes localisées.* Sur la rivière Opor près de Pobuk le contact éocène-oligocène est très bien exposé sur le flanc SW du synclinal de Pobuk ; ces affleurements montrent, au-dessus de l'argile verdâtre éocène qui renferme des blocs de grès dur glauconieux et de brèche grésocalcaire verte, un contact franc de *discontinuité* (Pl. II, fig. 2 B) :

6 m de grès en bancs de 1 à 4 dm intercalés dans des schistes gréseux, micacés, madrés, qui donnent une faible réaction de pétrole. Le banc de base transgressif est formé d'un grès roux, brun, tendre, glauconieux, à petits galets de quartz et nombreux fragments de coquilles (Lamellibranches, Bryozoaires), donnant une odeur de pétrole.

2-3 m de grès plus marneux et plus tendre, madré. Passage rapide à

4,5 m de silex rubanné brun, en bancs minces, alternant avec des schistes, passant à

5-8 m de roche blanche siliceuse (shale). 2 km plus au SE cette roche blanche est visible de loin. Elle forme un noyau anticlinal et passe vers le haut à

15 m de schistes ménilitiques avec des bancs noirs de silex, surmontés par la grande masse des schistes ménilitiques bitumineux. (Voir Pl. II, fig. 2).

Le grès de Boryslaw, épais de 7 à 8 m à l'Opor et à la Tysmienica atteint, d'après les forages, dans la série dite autochtone de Boryslaw *20 à 40 m d'épaisseur, et représente le plus constant et le plus riche des niveaux productifs.*

Tectonique.

Schodnica. — D'après les travaux de R. Zuber[1] on sait que le vieux champ de Schodnica-Urycz, avec ses trois cents forages encore en activité, est situé sur un anticlinal à noyau éocène qui fonctionne comme milieu productif. Mes recherches détaillées sur le terrain et la revision des journaux de forage ont pleinement confirmé que le célèbre puits « Jacob », qui, le premier jour d'exploitation, en 1895, donnait 200 tonnes de pétrole jaillissant d'une profondeur de 299 m, est situé sur le *point le plus élevé de l'axe anticlinal.* Vers le NW l'affaissement axial est encore augmenté de 65 m par une faille transversale non visible à la surface, qui passe entre « Jacob » et « Brzozowski N° 30 ». Vers le SE, dans la section de Pereprostyna, à 3 km de distance environ, l'axe doit au contraire être relevé brusquement par une faille. A mon avis, l'anticlinal de Schodnica est beaucoup plus large que ne l'indiquent les profils de Zuber, et n'est pas accompagné de synclinaux doux et réguliers de schistes ménilitiques des deux côtés, ce qui explique la grande concentration axiale du pétrole.

Dans la série éocène, il y a plusieurs niveaux de grès productifs qui ne sont pas continus ; le premier horizon de « Jacob » paraît être le plus constant.

Nappe de Mraznica. — Il est impossible, par l'étude seule de la surface, de déchiffrer la tectonique du bord Carpathique; heureusement les forages profonds et l'étude de leurs échantillons viennent d'éclaircir les grandes lignes de la structure interne. M. K. Tolwinski a le mérite d'avoir publié quelques résultats de ses observations systématiques[2]. Par suite des sondages l'*existence du chevauchement du bord Carpathique est prouvé aujourd'hui sur presque 3 km de largeur* (pl. I). Je propose de donner à cette nappe bordière le nom de *Nappe de Mraznica.*

Voici, d'après les observations de M. J. Hempel, le résultat

[1] R. Zuber in H. Höfer. Das Erdöl, n. édit. 1909, p. 311, fig. 82, et « Flisz i Nafta », Lwow 1918, fig. 53, p. 89.

[2] K. Tolwinski, *l. c.*, 1917.

du forage profond « Sofia N° 1 », le plus interne, achevé en été 1918, dans lequel le grès de Boryslaw donne une production de 80 tonnes par jour, à 1560 m de profondeur :

Crétacique	0- 100	m environ
Eocène en synclinal couché (?)	100- 230	» »
Crétacique	230- 540	» »
Schistes ménilitiques renversés	540- 600	» »
Plan de charriage	600	» »
Argile salifère miocène	600- 660	» »
Couches de Dobrotów	660-1300	» »
Série ménilitique avec silex et grès de Boryslaw à la base	1300-1560	» »

Dans les puits « Brugger I » et « Baron Rally II », Tolwinski a constaté d'une façon précise la série renversée de l'Eocène et des schistes ménilitiques qui reposent en contact anormal sur les couches de Dobrotów. L'étude des échantillons de plus d'une vingtaine de puits ne laisse aucun doute sur *le lieu exact du plan de charriage qui s'incline dans son ensemble doucement vers l'intérieur des Carpathes!*

Le grès de Boryslaw du puits « Sofia » donne une production excellente. On peut en conclure que la série autochtone et par conséquent aussi le chevauchement se prolongent encore à une assez grande distance sous les Carpathes, et la différence de faciès de l'Eocène et de l'Oligocène des deux séries confirme cette supposition.

A la surface, dans le lit de la Tysmienica et sur le versant SE de la montagne Horodyszcze *on peut observer nettement la série renversée.* Le grès de Jamna en bancs épais, non métamorphisé, plonge de 30 à 35° vers le SSW au premier pont de Boryslaw à Mraznica, et de 45° plus haut. Les schistes éocènes et ménilitiques sont redressés et fortement broyés par endroits (pl. I et II, fig. 1). L'argile miocène sous-jacente, constatée par les forages, affleure avec un plongement au SW sur la Tysmienica au SE de l'église ruthène. Mes collègues MM. Bernoulli et Frey y ont découvert trois blocs isolés de calcaire blanc, remplis de fossiles titoniques (pl. I). Le plus grand de ces blocs exotiques est arrondi et a une grandeur d'environ 1,5 m³. Un autre bloc, moins grand, ressemble au Dogger des « Klippes » de Vienne.

Encore un peu plus au NE, à l'est de l'église ruthène, le bord

gauche du ruisseau montre, sur une vingtaine de mètres, un affleurement frappant : des schistes ménilitiques avec silex broyés et contournés dans une partie moyenne, qui sont bordés vers le NE par des schistes ménilitiques ordinaires redressés, tandis que vers le SW ils contiennent des bancs *bruns chocolat de grès riche en pétrole.* Il s'agit donc ici certainement du niveau *inférieur* de la série ménilitique. D'après les forages ces couches ne se prolongent pas en profondeur; elles forment un lambeau de recouvrement, pincé dans le Miocène de l'avant-pays.

Pli autochtone en profondeur et limite de la région productive. — Comparée avec la nappe très compliquée de Mraznica, la série autochtone prend en général l'aspect d'un vaste flanc d'anticlinal qui plonge doucement vers l'intérieur de la chaîne. Les épaisseurs des couches semblent n'avoir été que fort peu réduites par la nappe qui les recouvre; elles peuvent être définies comme suit :

Couches de Dobrotów	600- 650	m
Schistes ménilitiques typiques	160- 200	»
Silex et grès de Boryslaw	30- 50	»
Eocène stérile	60	»
Eocène productif	250- 300	»
Oligocène et Eocène autochtone	1000-1200	»

La zone externe, à sa limite NE du champ productif et au delà, contraste de façon frappante avec cette régularité de la zone interne : les couches de Dobrotów sont fortement et irrégulièrement redressées au NE de Boryslaw sans qu'il soit possible de déterminer les anticlinaux. Dans les mines de cire de Boryslaw les couches de Dobrotów, composées d'argile grise à plaquettes, de grès pétrolifère (odeur de benzine) et de bancs de grès gris sont même tellement broyées et brisées qu'il est difficile par places de distinguer la stratification du clivage. La cire, si précieuse, s'est déposée sur les miroirs de glissement qui coupent les couches en tous sens. Elle représente un résidu du pétrole qui a été chassé de la profondeur par le refoulement tectonique et qui s'est déposé par suite du refroidissement, de la diminution de la pression et de l'évaporation de la benzine. Les forages ont montré que les mines de cire sont placées exac-

tement sur le bord externe de la région productive pétrolifère (pl. I).

Quelques forages, jadis productifs, creusés près du bord dans les couches de Dobrotów et les couches ménilitiques normales de 500 à 900 m, ont été approfondis. Après avoir dépassé la série ménilitique et la série éocène normale, ils ont traversé des schistes ménilitiques renversés, et se terminent dans les marnes grises de Dobrotów qui sont ici stériles. Le puits « Petrunio », à Tustanowice par exemple, situé à 400 m au SW de la marge productive, au milieu d'une section qui donnait, il y a 10 ans, une production excellente à 900 m dans le grès de Boryslaw, a atteint en été 1918 une profondeur de 1648 m, mais malgré de longs travaux, son approfondissement n'a pu être poussé plus loin à cause de volumes de boue grise montant de la profondeur.

Ces faits nous font supposer que *la série productive en profondeur forme un pli frontal couché et accentué, peut-être même chevauchant. C'est ce front tectonique qui limite la région productive vers le NE* et c'est pourquoi les puits les plus externes ne donnent que des productions très irrégulières dans les horizons supérieurs seulement (pl. I).

Les couches de Dobrotów et le Miocène étant en continuité vers l'avant-pays, il semble que le grand pli couché dans la profondeur représente ou *l'autochtone ou un pli parautochtone.*

Dans le *profil longitudinal* on reconnaît une *culmination à Boryslaw* qui correspond approximativement avec le cours de la Tysmienica. Le silex ménilitique atteint vers le front sa plus grande hauteur à 400 m environ sous le niveau de la mer (pl. I). Plus loin vers ESE l'axe semble être incliné très doucement, de 100 m sur 2 km de distance, tandis que le front du pli est dirigé encore plus vers l'avant-pays; puis l'abaissement d'axe semble s'accentuer en même temps que le front se retire. La limite productive vers le SE et le S, où les forages deviennent de plus en plus profonds, est causée par l'eau salifère qui s'étend de plus en plus dans les grès pétrolifères (Tustanowice). Ce n'est que dans le profil culminant de la Tysmienica et ses environs que l'eau n'a pas encore envahi ces grès vers le SW.

La limite de l'ouest est encore énigmatique. On peut supposer

que le front du pli couché autochtone s'abaisse et se retire à la fois brusquement.

Origine et accumulation du pétrole.

Il y a peu d'années on ne connaissait comme niveau productif à Boryslaw que l'Oligocène. D'après la théorie de Fötterle (1867), reprise et vigoureusement défendue par E. Siegfried[1], en 1912, du point de vue moderne des grands chevauchements, tout le pétrole de la Galicie doit provenir des schistes ménilitiques et avoir émigré dans les séries normales ou chevauchés superposées. A Boryslaw on ne pourrait donc prévoir aucun niveau autochtone en dessous des schistes ménilitiques. Les faits nous prouvent le contraire, en confirmant une observation de R. Zuber[2] qui, déjà en 1904, avait constaté dans le puits « Freund N° 8 » de 1315 m, de l'argile rouge éocène et des grès éocènes productifs.

L'état actuel des forages permet de distinguer dans la série autochtone de Boryslaw les niveaux pétrolifères suivants, du haut au bas :

1. Dans les fentes et dans les intercalations gréseuses de l'*argile salifère miocène.*
2. Dans les *couches de Dobrotów,* premiers horizons de bonnes productions éruptives à 500 m environ (« Sienkiewicz » 530 m).
3. *Grès* intercalés *dans les schistes ménilitiques.*
4. *Grès de Boryslaw* (*sous* les schistes ménilitiques).
5. *Grès* intercalés dans les marnes *éocènes* à plusieurs horizons sur une épaisseur de 250 à 300 m.
6. *Grès de Jamna* (?).

Dans la nappe de Mraznica il faut noter encore :

7. Les *couches de Ropianka* à inocérames crétaciques, qui, à Mraznica, ont donné pendant de longues années des productions peu profondes (pl. I).

On sait que le grès de Jamna, complexe gris, très poreux et puissant, ne contient généralement que de l'eau. Mais il semble

[1] E. Siegfried, Die Naphtalagerstätten der Umgebung von Solotwina, Verlag f. Fachliteratur, Wien-Berlin-London, 1912, p. 42.

[2] D'après H. Höfer, Das Erdöl, 1909, p. 302.

que dans les conditions tectoniques extraordinairement favorables de Boryslaw près du front du pli autochtone, c'est le grès de Jamna qui a donné les dernières grandes productions éruptives de pétrole qui ont, il est vrai, diminué rapidement pour être remplacées par de l'eau (pl. I).

Les niveaux les plus importants actuellement connus sont le grès de Boryslaw et les grès de l'Eocène. Cela a été un grand événement pour Boryslaw quand, en été 1918, le puits célèbre « Naphta N° 30 », est devenu productif à 1442 m de profondeur, dans l'Eocène, donnant régulièrement une quantité de 20 wagons de pétrole par jour (pl. I). Peu de puits, du reste, en dehors de ceux ouverts près du front du pli, sont entrés jusqu'ici dans l'Eocène productif.

Parmi les 7 horizons mentionnés, on peut distinguer des *horizons primaires* et des *horizons secondaires.* Il semble que le pétrole du Miocène et des couches de Dobrotów au front de la région productive se trouve surtout en position secondaire, immigré (sur les fentes bien visibles dans les mines de cire) des horizons inférieurs. Mais, à mon avis, il existe aussi, par exemple dans la région de Dobrotów et de Bitkow-Solotwina, des niveaux productifs primaires dans les couches de Dobrotów.

Quant aux couches de Ropianka du Crétacique, formées de schistes et de grès calcaires durs et non poreux, il me semble que l'accumulation s'est produite dans les parties les plus froissées sous la pression tectonique (pl. I). M. J. Hempel a observé des gouttes de pétrole sombre incluses dans le calcaire gréseux à Fucoides non bitumineux, qui s'évaporent bientôt à la surface.

Les niveaux inférieurs N°s 3-5 de la série autochtone représentent aussi, à mon avis, des *horizons primaires,* dans lesquels le pétrole s'est accumulé dans les parties élevées du pli sous la pression hydrostatique-tectonique. Les résultats des forages à Boryslaw confirment donc pleinement les idées de Höfer et de Zuber, et sont contraires aux théories de la migration à travers des séries entières dans le sens de Siegfried.

Mon collègue M. J. Hempel, de Boryslaw, a bien voulu m'informer encore des faits intéressants suivants :

Le puits « Kosak » de la société « Flüssige Brennstoffe », à 958 m, près de la base des couches de Dobrotów, semble avoir

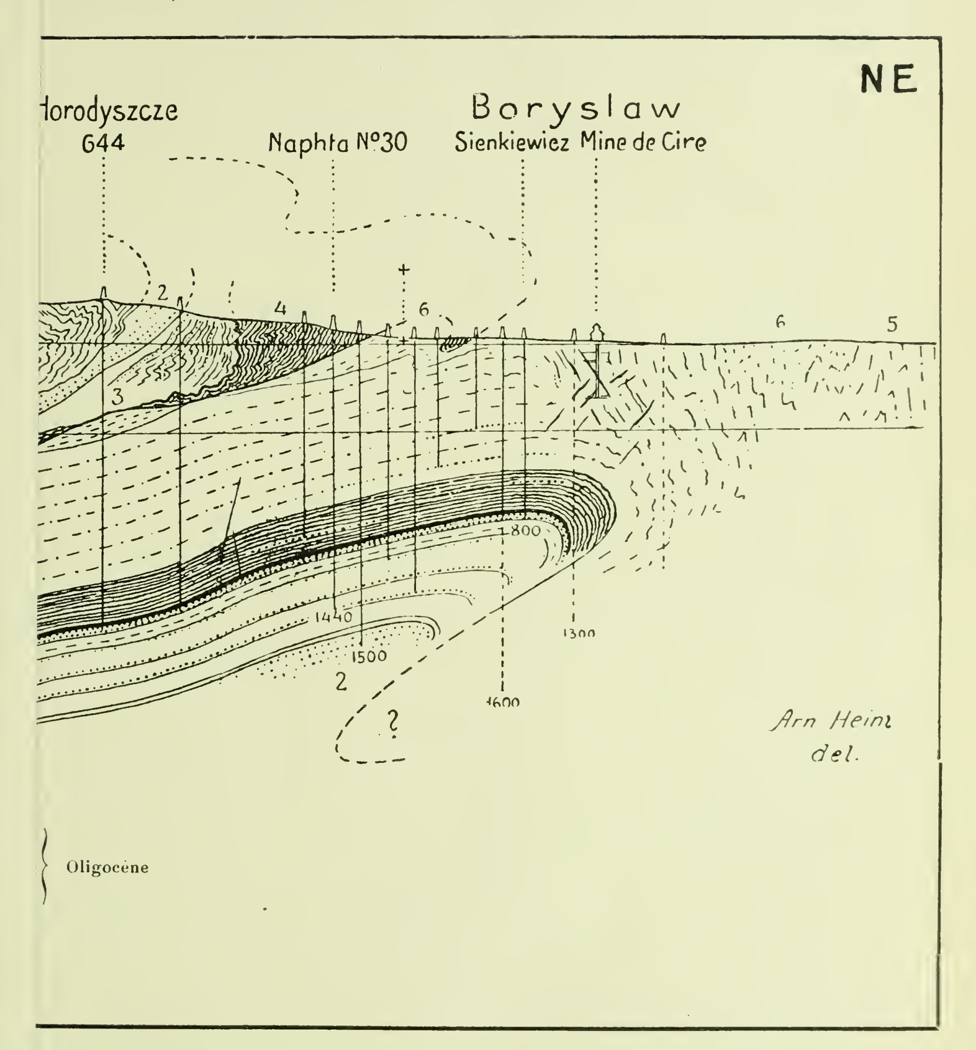
touché une faille et a produit de ce niveau 5 wagons de pétrole pendant une courte durée de temps. Approfondi ensuite, il n'a donné aucun pétrole dans la traversée du grès de Boryslaw à 1250 m, ni des horizons supérieurs de l'Eocène. Ce n'est qu'à la base de l'Eocène, à 1600 m environ, qu'il a produit 24 wagons d'un pétrole riche en paraffine et accompagné de beaucoup de gaz pendant le premier jour !

Le puits « Galicia N° 16 » a donné, à 1150 m, 3 à 4 wagons par jour, tandis que le puits voisin N° 15, à 70 m de distance et à 1180 m de profondeur, n'en a donné que des traces, quoique les deux puits aient traversé le même grès de Boryslaw épais de 40 m et composé de bancs de 0,5-1 m de grès poreux (à la base le grain est plus gros), séparés par des schistes bitumineux. Sous la pression de 100 atmosphères au moins le pétrole n'a pas même émigré à travers les schistes minces qui séparent les bancs de grès poreux ! Le fait qu'il existe fréquemment des irrégularités singulières d'imprégnation dans les mêmes niveaux sans intercalation de couches non poreuses est connu de beaucoup de géologues. Le puits « Galicia N° 15 » fut approfondi et a produit à 1325 m, dans l'Eocène, 2.5 wagons par jour. Plus tard le puits N° 16 a donné un résultat analogue à la traversée de l'Eocène.

Ces cas singuliers exceptés, la concentration du pétrole, dans son ensemble, est certainement due à *la grandeur extraordinaire, à la forme en demi-dôme du flanc normal et à la profondeur de l'anticlinal autochtone de Boryslaw.* Ce pli profond a une largeur reconnue actuellement de 3 km et une hauteur (Sofia à Sienkiewicz) de 700 m ; le flanc normal est donc incliné de 25 % ou 15° en moyenne. Mais ses dimensions réelles sont très probablement triples. Vu *l'importance fondamentale des dimensions des plis,* il est étonnant de voir publier encore si souvent des rapports avec profils sans échelle !

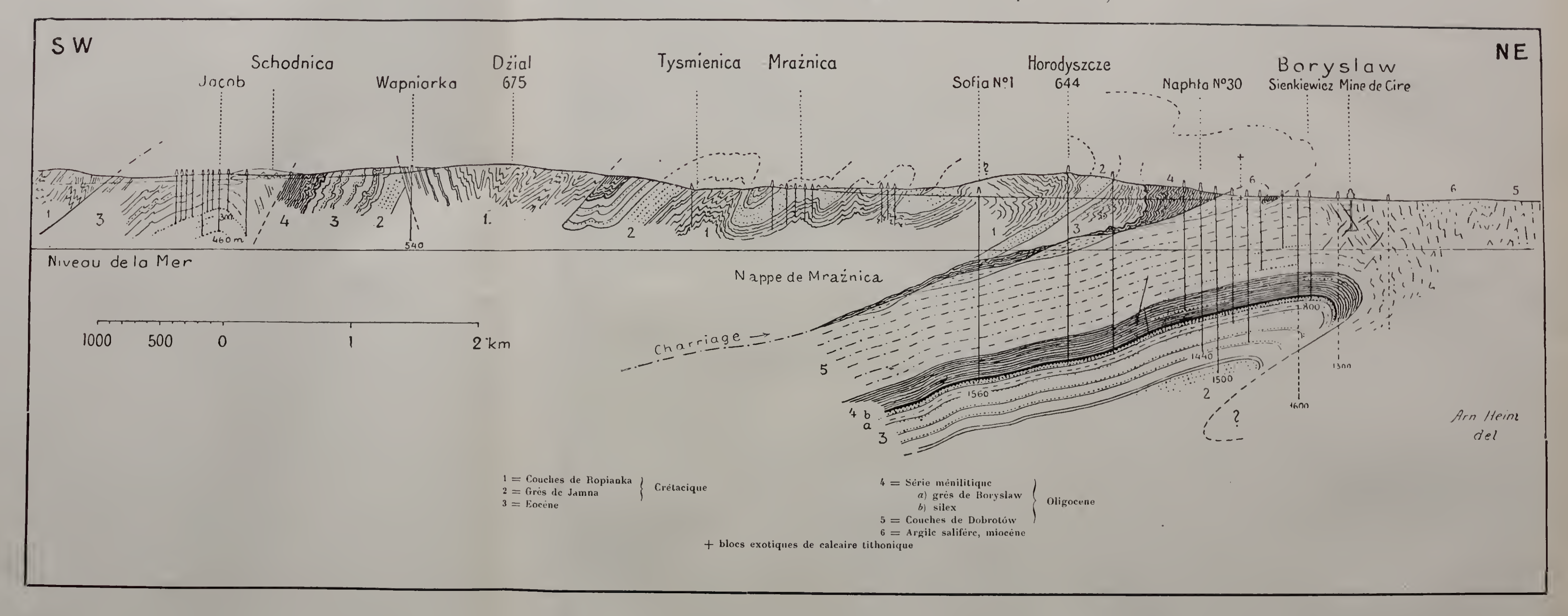
Il résulte de cette étude que le bord autochtone des Carpathes galiciennes devrait offrir encore d'autres anticlinaux productifs semblables à celui de Boryslaw. On a rencontré en effet, à plusieurs endroits de l'avant-pays, de grandes accumulations de pétrole, spécialement dans les couches de Dobrotów (Dolina, Dzwiniacz, Starunia etc.), mais le champ de Bitkow est resté jusqu'à présent le seul qui ait encore été exploité avec un succès

et R. Zuber).



Oligocène

Coupe schématique Boryslaw-Schodnica, Galicie, 1 : 35,000 (partie de Mraznica d'après J. Hempel et R. Zuber).



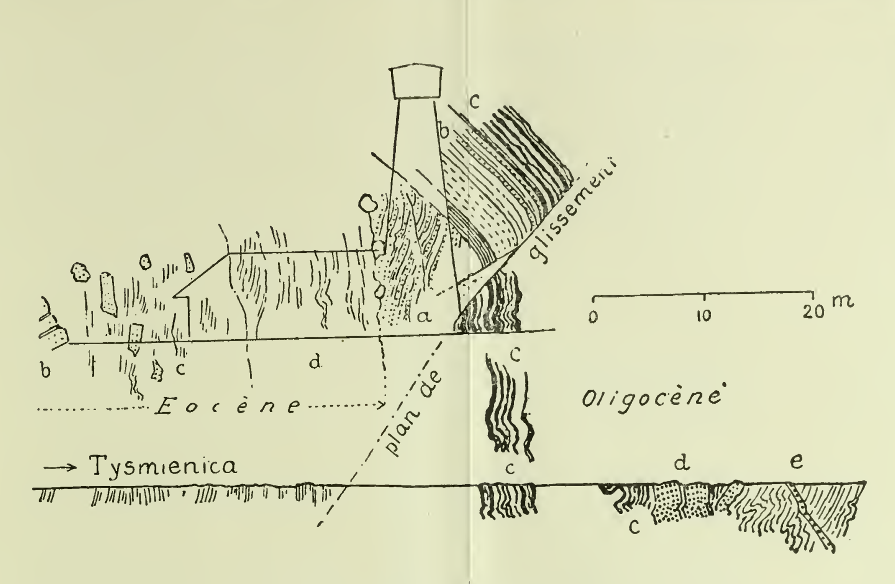


Fig. 1. — Contacte eocène-oligocène à Boryslaw (nappe de Mraznica)
(*a–e* voir texte)

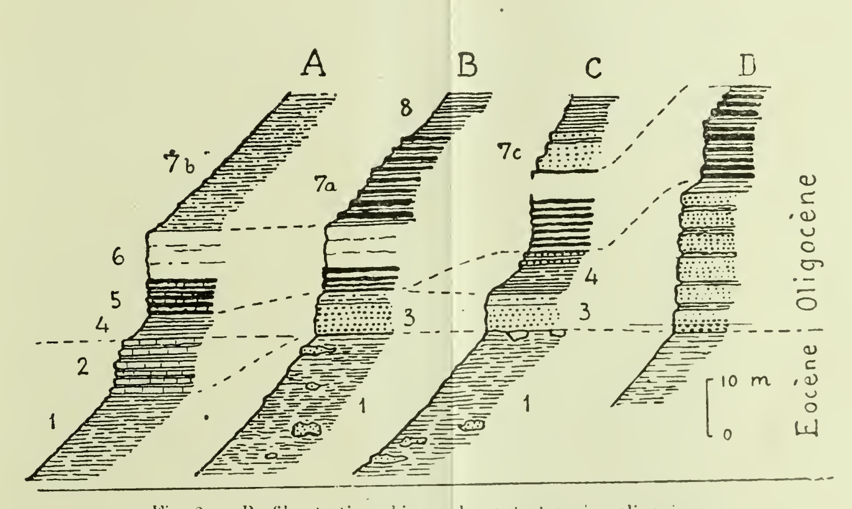
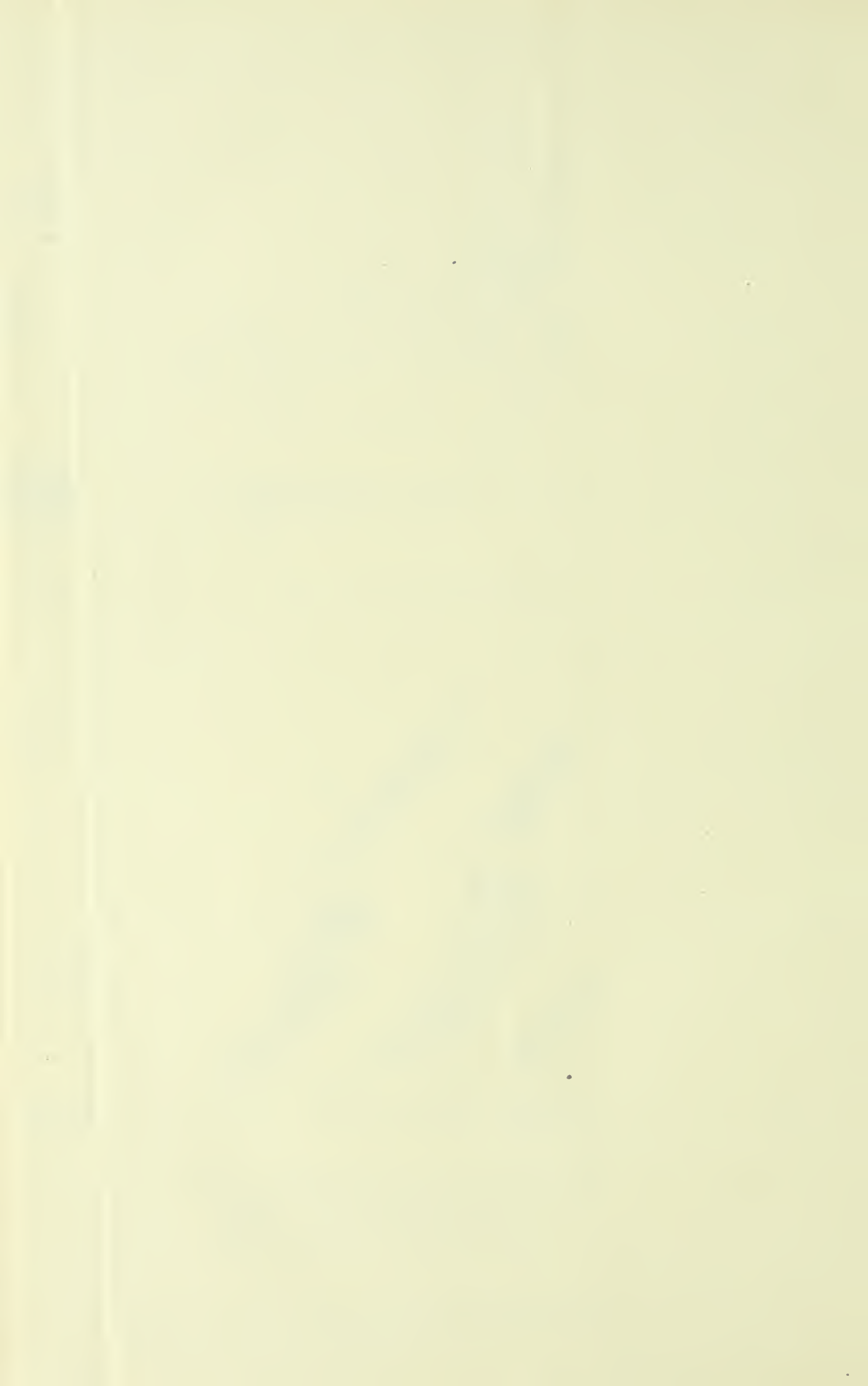


Fig. 2. — Profils stratigraphiques du contact eocène-oligocène.
A. Rypne — B. Opor près Pobuk — C. Boryslaw-Tysmienica — D. Boryslaw en profondeur d'après Tolwinski.

1. schistes marneux bleuâtres. — 2. marnes en plaquettes. — 3. grès de Boryslaw (pétrolifère). — 4. schistes ménilitiques de base. — 5. silex ménilitique. — 6. shale siliceux blanc. 7*a* schistes ménilitiques avec bancs de silex noir. — 7*b*. schistes mén. gréseux. 7*c*. grès pétrolifere. — 8. grand complexe de schistes ménilitiques.



durable. Dans l'avant-pays de plaine les grandes lignes tectoniques sont difficiles à déterminer à cause du petit nombre d'affleurements et de la fréquence des complications tectoniques (froissements). Mais il est hors de doute que des études géologiques minutieuses combinées avec des sondages profonds offriraient de grandes chances de succès dans des régions autochtones non productives encore.

Age du plissement.

Tandis que les nappes de la Tatra et les nappes austro-alpines ont, d'après Lugeon et Uhlig, commencé leur marche dans la période crétacique, le plissement et la marche en avant de la large zone des Beskides de même que les nappes helvétiques des Alpes suisses, se sont produits après l'Oligocène. En effet, la nappe de Mraznica a marché sur 2,5 km au moins au-dessus de l'argile salifère miocène, et la nappe de Bitkow, plus au SE. sur 7 km au moins. Dans la région de Kosmacz, près de la Bukowina, le Miocène est connu encore plus à l'intérieur dans les Carpathes[1].

D'autre part on ne connaît sur le front des Carpathes aucun indice de plissement plus ancien que le Miocène, les érosions anciennes (Eocène) étant dues à des mouvements épirogéniques non toujours correspondants à des fronts de nappes charriées.

Dans l'avant-pays, sur le ruisseau de Jasienica au N de Boryslaw, on peut bien observer une légère discordance entre un conglomérat du Miocène supérieur ou du Pliocène, formé en majeure partie de galets de quartzite vert, et l'argile salifère fortement redressée sous-jacente. D'après Grzybowski et Höfer l'argile salifère elle-même repose en poches discordantes sur les couches de Dobrotów, mais je n'ai pas pu vérifier cette opinion.

En tout cas on peut dire qu'à Boryslaw la nappe beskidienne de Mraznica s'est avancée après la fin de l'Oligocène et que le plissement a continué pendant le Miocène récent et même probablement pendant le Pliocène, comme dans l'avant-pays de la Roumanie.

[1] Consulter Jan Nowak, Jednostki tektoniczne polskich Karpat Wschodnich, *Archiwum Naukowe,* Lwów, 1914.

ETUDE
PHYTOPLANCTONIQUE, EXPÉRIMENTALE ET DESCRIPTIVE
des eaux du Lac de Genève

PAR

Louis REVERDIN

(Avec 1 planche hors texte, 1 graphique et 111 figures dans le texte).

Introduction.

Ce travail a été effectué au laboratoire de l'Institut de botanique de Genève sous la direction de M. le professeur Chodat. Qu'il me soit permis, en commençant, de lui exprimer toute ma reconnaissance pour les bons conseils qu'il n'a cessé de me donner, pour l'intérêt qu'il m'a témoigné dans mon travail et pour l'obligeance inlassable avec laquelle il a mis à ma disposition soit sa riche bibliothèque algologique, soit les résultats de sa longue expérience en matière algologique.

Mes premières recherches datent du mois d'octobre 1916. J'ai pensé qu'il était nécessaire, en premier lieu, de me mettre au courant de la flore planctonique du lac Léman. Malheureusement, durant ces années de guerre, il me fut impossible d'utiliser le fameux bateau « Edouard Claparède » mis à la disposition de feu le professeur Yung pour ses recherches de zoologie lacustre. Ainsi le territoire d'exploration devenait plus restreint. Je devais me contenter d'étudier la flore superficielle. Pouvant être appelé à plusieurs reprises au service militaire, il m'était difficile d'entreprendre un travail suivi durant une ou

deux années. On ne sera donc pas étonné de ne pas voir figurer dans ce travail des études se rapportant aux variations quantitatives du plancton ou de certaines espèces durant ces dernières années. Je ne disposais pour ces recherches que d'un modeste bateau à rames et de quelques filets d'un type très simple. La plus grande partie des pêches furent effectuées entre le Port-Noir et l'Ariana, quelques-unes en face d'Hermance; en outre M. l'ingénieur Bétant, directeur du Service des Eaux de la ville de Genève, a bien voulu me remettre des échantillons de plancton pris directement sur la conduite d'arrivée de l'eau d'alimentation de la ville. Je lui adresse ici mes remerciements. On trouvera dans ses travaux [1] d'utiles renseignements sur la répartition annuelle du plankton à la profondeur de 15 m, qui est celle de l'entrée de la conduite en face de Pregny. J'ai fait aussi quelques filtrages directement au robinet du laboratoire, spécialement lorsque le temps empêchait toute sortie sur le lac.

J'exposerai le résultat de ces nombreuses pêches dans la deuxième partie de ce travail. Dans la première partie je traiterai le côté expérimental de mes recherches sur les algues planctoniques au point de vue de leur survivance, de leur résistance et de leur culture.

PREMIÈRE PARTIE

Chapitre I. — Recherches sur la survivance, la résistance et la culture des algues planctoniques.

Jusqu'ici les algologues se sont surtout efforcés de décrire les multiples formes rencontrées dans le plancton, d'en tracer la biologie et d'en découvrir les courbes de variation. Ainsi, peu à peu, la systématique s'est enrichie d'une manière étonnante. Malgré tous ces travaux, la partie systématique de la planctologie est loin d'être terminée; le sera-t-elle du reste jamais? Il

[1] A. Bétant. 1° Observations sur le plankton de l'eau du lac de Genève: 1914 à 1917. Février 1918. 2° Essais de traitement du plankton par le sulfate de cuivre. Février 1918. 3° Id. Expériences de 1918. Genève, mars 1919.

me semble qu'aujourd'hui le devoir des planctologues est de se tourner du côté de l'expérience, ce qui nous permettra de nous orienter un peu plus facilement dans cette multitude de formes et de jeter des bases moins fragiles qu'actuellement sur les variations soit des formes elles-mêmes, soit de leur répartition dans nos eaux.

Tous ceux qui se sont occupés des algues planctoniques savent combien ces organismes sont délicats et combien il est difficile de les conserver vivants durant un long laps de temps qui permettrait de les suivre dans leur évolution complète. Les cultures pures des bactéries, des algues vertes et des champignons ont rendu à la science de tels services qu'il faut bien espérer que de pareils résultats seront un jour ou l'autre obtenus pour les algues planctoniques. C'est à cet effet que j'ai entrepris quelques expériences qui ont surtout en vue de préparer le terrain dans cette voie.

Mes essais ne datent que du mois de décembre 1918. Pour les raisons déjà indiquées, je n'aurais pu les entreprendre avant. Je crois que les résultats obtenus jusqu'ici méritent d'être signalés dès maintenant. Il s'agissait de récolter du plancton frais et de l'ensemencer dans des milieux définis pour se rendre compte pour chaque espèce en particulier de sa résistance, de sa survivance et de sa multiplication dans ces différents milieux. Le matériel se composait d'une série de flacons Erlenmeyer de 200 cm^3, de flacons de 400 cm^3 et de boîtes de Pétri avec plaques en porcelaine dégourdie.

Les solutions nutritives stérilisées étaient les suivantes : 1° eau du lac, 2° Detmer sans fer, 3° Detmer avec fer (0,1 $^0/_{00}$), 4° Richter.

Detmer (sans fer) :

Eau distillée	1000	gr.	
Azotate de calcium	1	»	Ca^2NO^3
Chlorure de potassium	0,25	»	KCl
Sulfate de magnésium	0,25	»	$MgSO^4$
Phosphate de potassium	0,25	»	KH^2PO^4

Detmer (avec fer) :

Idem. + 0,1 gr. chlorure ferreux $FeCl^3$

Richter :

Eau distillée	1000	gr.	
Chlorure de potassium	0,2	»	KCl
Nitrate de potassium	0,2	»	K^2NO^3
Sulfate de magnésium	0,05	»	$MgSO^4$
Silicate de potassium	0,01	»	K^2SiO^3
Sulfate ferreux	traces		$FeSO^4$

Les algues planctoniques vivant dans notre lac se trouvent dans un milieu extrêmement pauvre en sels dissous. Dans 1000 gr de l'eau de surface on ne trouve que 0,175 gr de sels dissous.

Les solutions nutritives n'ont pas été employées dans leur composition normale mais diluées au $^1/_{10}$, $^1/_{50}$, $^1/_{100}$. Ainsi nous pourrons nous rendre compte de l'influence de la concentration.

J'ai pensé aussi que la lumière devait jouer un certain rôle dans la vie des algues planctoniques. Pour reconnaître son influence, j'ai placé certains milieux à la lumière naturelle, d'autres sous des filtres colorés formés par deux cloches à double parois (cloches Sénebier) contenant l'une du sulfate de cuivre ammoniacal à 1 $^0/_0$, l'autre du bichromate de potassium à 3 $^0/_0$. L'examen spectroscopique montre que sous la cloche bleue ne passe qu'une moitié du spectre allant du jaune au violet, le jaune étant très faible; sous la cloche jaune ne passent que les rayons allant du vert au rouge.

Finalement un troisième lot se trouvait à l'obscurité d'une chambre noire.

L'aération de l'eau devant entrer en ligne de compte, j'ai réalisé dans ce but le système de cultures que je nomme dès à présent les « cultures aérées » pour n'avoir pas à y revenir. Dans ce but j'ai employé des flacons de 400 cm^3; le bouchon est percé de deux trous dans lesquels passent deux tubes de verre: le tube d'arrivée plongeant dans le liquide, terminé par une sphère percée de plusieurs petits trous dans le but de régulariser l'entrée de l'air, et le tube d'aspiration ne plongeant pas dans le liquide. Ces deux tubes sont munis d'un bouchon d'ouate qui, tout en laissant passer l'air, arrête les poussières qui pourraient être entraînées.

Ces cultures aérées étaient mises en relation avec une trompe

à eau et ceci durant une demi-heure par jour pour chaque flacon.

Les cultures sur plaques ont été faites de la manière suivante. La plaque de porcelaine dégourdie était mise dans une boîte de Pétri de petite dimension, le liquide nutritif arrivant à mi-hauteur de la plaque; le tout est placé dans une grande boîte de Pétri avec couvercle, une couche d'eau entre les deux Pétri empêchant une évaporation trop rapide.

En se reportant au graphique ci-joint on trouvera au-dessous de chaque lettre D (début des expériences) les milieux sur lesquels ont porté ces recherches. J'ai pensé que pour une première orientation, il était inutile de multiplier par trop ces essais.

Pour ensemencer ces milieux j'ai employé du plancton frais pêché le 18 décembre 1918, à la surface du lac de Genève, entre l'Ariana et le Port-Noir. Afin d'obtenir un ensemencement égal dans chaque milieu, j'ai remué activement le sédiment dans 500 cm^3 d'eau du lac, puis avec une pipette j'ai prélevé 2 cm^3 de cette solution pour ensemencer chaque flacon; ainsi la concentration était presque rigoureusement la même pour chacun d'eux. Après l'inoculation on ne voyait apparaître qu'un léger trouble au fond de chaque flacon.

Pour les cultures sur plaques, j'ai ensemencé le même nombre de gouttes sur chacune d'elles.

L'analyse du plancton d'inoculation, celui du 18 décembre 1918, fournit les résultats ci-dessous. Je donne la liste des organismes rencontrés dans l'ordre décroissant que je divise en trois groupes :

1° Algues dominantes (en très grand nombre).
2° Algues fréquentes.
3° Algues plus rares ou même isolées.

1° *Asterionella; Synedra; Fragilaria.*

2° *Dinobryon divergens; Coccomyxa; Mallomonas elongata,* spec. nov.; *Cymatopleura; Ankistrodesmus genevensis; Cosmarium depressum,* var. *planctonicum; Peridinium tabulatum; Ceratium; Botryococcus.*

3° *Closterium Nordstedtii, aciculare; Oocystis; Pediastrum; Sphaerocystis; Melosira; Achnanthes; Mesocarpus; Ulothrix; Scenedesmus, Cryptomonas.*

Ce plancton est caractérisé par la forte prédominance des Diatomées purement planctoniques accompagnées, il est vrai, d'Algues vertes, mais ces dernières, si elles sont variées quant à leur genre, sont tout de même peu nombreuses.

Parmi les Dinoflagellés on ne rencontre guère que le *Peridinium tabulatum* et quelques *Ceratium*.

Les Flagellés ne sont représentés que par les *Dinobryon*, les *Mallomonas* et les *Cryptomonas*.

Il est utile de noter la présence de ces Flagellés, car nous verrons dans la suite que c'est surtout dans ce groupe que la survivance est la plus courte en mettant à part les *Cryptomonas*.

La présence des *Cymatopleura*, des *Closterium*, des *Pediastrum* ainsi que des Algues vertes filamenteuses, qui paraît assez surprenante à première vue dans une pêche de surface, s'explique par le fait que cette pêche a été effectuée quelques jours après une bise assez violente; les unes étant ramenées à la surface, les autres amenées des régions littorales.

Examinons maintenant ce qui est advenu de ces cultures après 30 et 60 jours et pour ceci reportons-nous au graphique. Sous les lettres D, comme je l'ai déjà dit, les rectangles noirs représentent la quantité du plancton au 18 décembre 1918. Les augmentations en algues vertes sont marquées par les rectangles plus grands noirs; en Diatomées purement planctoniques *(Asterionella, Synedra, Fragilaria, Cyclotella)* par les traits verticaux; en Diatomées non planctoniques *(Achnantes)* par les quadrillés. Les colonnes 30 et 60 indiquent l'état des cultures 30 et 60 jours après l'inoculation.

§ 1. — Cultures en solutions a la lumière naturelle.

A. 30 jours après l'inoculation.

On obtient pour les différents milieux les résultats suivants :

a) Detmer (sans fer) 1/10.

L'augmentation est nulle ; tous les Flagellés ont disparu. Les *Peridinium* sont sous la forme de kystes ou nagent librement sous la forme nue *(Gymnodinium)*.

Les Diatomées planctoniques sont fortement détériorées; la meilleure conservation s'observe pour les *Fragilaria*.

Graphique I.

DETMER — 1/10: D 30 60 — 1/50: D 30 60 — 1/100: D 30 60
DETMER + FER — 1/10: D 30 60 — 1/50: D 30 60 — 1/100: D 30 60
RICHTER — 1/10: D 30 60 — 1/50: D 30 60 — 1/100: D 30 60
EAU — D 30 60

LUMIÈRE
OBSCURITÉ
L. BLEUE
L. JAUNE
C. AÉRÉE
C. PLAQUE

Les *Cymatopleura* sont encore bien conservés.

Parmi les Algues vertes, les *Chlorella* commencent à se multiplier; l'*Ankistrodesmus genevensis* subit une déformation, sa forme est plus courte, les cellules filles deviennent triangulaires allongées. Il n'y a plus de grandes colonies.

Les *Sphærocystis* se désagrègent aussi.

Quelques filaments de *Mesocarpus* se développent.

Parmi les Algues filamenteuses apparaissent aussi quelques filaments d'*Hormospora* qui ne sont sans doute que des états plus ou moins gelifiés des *Ulothrix,* et quelques jeunes thalles d'un *Microthamnium.*

b) Detmer (avec fer) 1/10.

L'augmentation est très marquée. Les cultures sont d'un beau vert.

Des Flagellés on ne retrouve plus que les *Cryptomonas* qui continuent à se développer et sont très mobiles; cependant on trouve aussi quelques stades gelifiés contenant un nombre plus ou moins grand de *Cryptomonas* sans flagellum. Nombreux *Gymnodinium* accompagnés de quelques kystes du *Peridinium.*

Les Diatomées planctoniques sont bien conservées mais ne se divisent plus.

Les *Cymatopleura* montrent une grande accumulation de globules huileux dans le protoplasma.

Mais, dans son ensemble, l'augmentation est due aux Algues vertes et spécialement par les *Scenedesmus,* les *Sphærocystis* sous forme de zoospores, les *Chlorella* et *Ankistrodesmus genevensis* modifiés.

On retrouve aussi : *Cosmarium, Oocystis, Closterium aciculare* et *Cl. Nordstedtii, Scenedesmus* stade *Dactylococcus, Mesocarpus, Ulothrix, Microthamnium, Stigeoclonium.* Parmi les formes très rares au début, signalons le développement d'*Ankistrodesmus aciculare* et *fasciculatum,* ainsi que celui des *Oscillatoria.*

c) Richter 1/10.

Comme pour le Detmer sans fer au 1/10, l'augmentation est nulle. Plus trace de Flagellés; quelques rares *Gymnodinium* et kystes de *Peridinium.* Les Diatomées planctoniques sont complètement détruites. Les *Cymatopleura* persistent seuls.

Les Algues vertes sont représentées par les formes suivantes :

Ankistrodesmus genevensis, fasciculatum; Sphærocystis encore en colonies; *Stichococcus, Ulothrix, Oocystis.*

d) Eau du lac.

Dans ce dernier milieu, déjà après 30 jours on remarque une forte diminution.

Tous les Flagellés ont disparu ainsi que les Diatomées planctoniques; quelques *Cymatopleura* remplis de réserves huileuses persistent. A côté de kystes de *Peridinium,* on trouve des *Gymnodinium* encore mobiles.

Les Algues vertes sont très rares, ce sont des *Chlorella, Scenedesmus, Ankistrodesmus genevensis, Closterium aciculare* et *Cosmarium.*

Je signale aussi la persistance d'une chaîne de 10 cellules du *Tabellaria fenestrata.*

La description qui vient d'être donnée de l'état des cultures après 30 jours dans ces quatre milieux me permettra d'être bref dans l'analyse des cultures au bout du même temps pour des concentrations différentes, c'est-à-dire pour les solutions au 1/50 et au 1/100.

e) Detmer (sans fer) 1/50.

Le développement est plus accusé que dans les solutions au 1/10, il y a même une augmentation marquée due aux Algues vertes, Se développent activement : les *Chlorella, Scenedesmus, Ankistrodesmus genevensis, Sphaerocystis* soit isolés, soit en colonies, *Hormospora, Stichococcus, Ulothrix, Mesocarpus, Stigeoclonium.*

On retrouve aussi quelques *Cosmarium* qui n'existent plus au 1/10, ainsi que de *Cryptomonas* mobiles. Pour le reste il y a concordance avec la solution au 1/10.

f) Detmer (sans fer) 1/100.

Là encore nous avons une augmentation mais plus faible qu'au 1/50. Ici elle est due au développement des *Stichococcus, Chlorella, Hormospora, Mesocarpus.* Les *Scenedesmus* et *Ankistrodesmus* sont plutôt rares.

g) Detmer (avec fer) 1/50.

L'augmentation est plus faible qu'au 1/10; sa composition est la même qu'au 1/10 à part l'absence des *Oscillatoria.*

h) Detmer (avec fer) 1/100.

Le développement est encore moins accusé qu'au 1/50. Ici les *Cryptomonas* font complètement défaut. Il en est de même pour les *Cymatopleura*. Les Algues vertes qui se multiplient sont les mêmes que dans les milieux au 1/10 et 1/50.

i) Richter 1/50.

Pas d'augmentation. Les *Gymnodinium* sont immobiles, les Algues vertes sont plus rares qu'au 1/10. On ne trouve guère que *Ankistrodesmus genevensis et Sphaerocystis.*

j) Richter 1/100.

Il n'y a aucune différence entre les cultures au 1/50 et celles au 1/100.

Je peux résumer les résultats auxquels conduisent ces cultures à la lumière naturelle dans les milieux liquides après 30 jours en envisageant le sort de chaque famille séparément.

Flagellés. — *Dinobryon-Mallomonas.* Ce sont les plus délicats et les moins résistants, nous ne les retrouvons plus dans aucun des milieux considérés.

Cryptomonas. Ils ne se développent que dans les milieux avec fer. On les trouve surtout abondants dans le Detmer fer au 1/10 à l'état libre ou gélifié. Leur développement plus faible au 1/50 est nul au 1/100. Dans le Detmer sans fer je n'en ai retrouvé que dans les solutions au 1/50. Je rappelle ici que, contrairement à ce qui se passe dans les milieux avec le fer, le développement général est plus fort ici au 1/50 qu'au 1/10.

Péridiniacées. — Pour cette famille l'action favorable du fer se fait aussi sentir mais d'une manière moins nette que pour les *Cryptomonas.* Dans tous les milieux les *Péridinium* se retrouvent soit à l'état enkysté, soit à l'état mobile (*Gymnodinium*), ceux-ci se développent surtout sur le Detmer fer 1/10 où ils sont très mobiles. Dans le Richter au 1/50 et 1/100 ils deviennent immobiles.

Diatomées planctoniques. — Partout elles sont en voie de régression, elles ont même complètement disparu dans le Richter et l'eau du lac. Dans le Detmer sans fer seuls les *Fragilaria* sont en bon état. Dans le Detmer avec fer la plupart sont conservées pour les solutions au 1/10.

Cymatopleura. — Ils sont plus résistants que les autres Diatomées, on les retrouve dans tous les milieux, mais ils sont

mieux conservés dans les solutions au 1/10. En général leur protoplasma se remplit de grosses gouttelettes huileuses.

Algues vertes. — Développement très accusé dans les solutions Detmer avec fer, et diminuant progressivement avec les concentrations au 1/10, 1/50 et 1/100.

Pour le Detmer sans fer l'accroissement est nul au 1/10, bien marqué au 1/50, il est plus faible au 1/100. Il n'y a pas d'augmentation dans le Richter; dans l'eau il y a réduction.

Oscillatoriées. — Les *Oscillatoria* ne se sont montrées que dans le milieu Detmer fer au 1/10 où elles se divisent activement.

L'examen de ses mêmes cultures au bout de 60 jours donne les résultats que voici :

B) 60 jours après l'inoculation.

I. Detmer (sans fer).

a) Solution au 1/10.

Léger développement dû aux Algues vertes ainsi qu'aux *Achnanthes.* Quelques *Fragilaria* sont bien conservés; *Gymnodinium* encore mobiles; *Cymatopleura* se maintient. Les Algues vertes se multiplient lentement.

b) Solution au 1/50.

L'augmentation continue, grand développement des *Chlorella* en particulier; plus d'état mobile *Gymnodinium.*

c) Solution au 1/100.

Le développement se poursuit pour les Algues vertes, les *Mesocarpus* perdent leur coloration, *Cymatopleura* se maintient ainsi qu'au 1/50. Les *Gymnodinium* sont aussi enkystés.

II. Detmer (avec fer).

a) Solution au 1/10.

Grande multiplication des Algues vertes. Les Diatomées planctoniques ne sont plus représentées que par quelques *Fragilaria* et des éléments isolés, désagrégés de l'*Asterionella. Cymatopleura* se maintient. Nombreux kystes de *Peridinium,* plusieurs *Gymnodinium* sont encore mobiles, on y voit apparaître une forte pigmentation rouge.

Les Algues vertes sont en pleine prospérité. Sont particulièrement abondantes les formes suivantes *Chlorella ; Ankistrodesmus aciculare, fasciculatum, genevensis; Scenedesmus;* à côté nous retrouvons *Closterium aciculare, Nordstedtii ; Cosmarium*

depressum; Oocystis; Sphaerocystis; Coccomyxa, Mesocarpus, Ulothrix.

Ankistrodesmus genevensis se montre sous sa nouvelle forme; il est fortement vacuolisé. Le *Cosmarium depressum* se présente souvent avec des divisions anormales.

Les *Oscillatoria* se développent aussi.

b) Solution au 1/50.

Le développement se poursuit. Les Diatomées planctoniques ont disparu. *Cymatopleura* se maintient. Kystes et *Gymnodinium* mobiles rares. Les Algues vertes se développent bien à part *Mesocarpus* qui jaunit.

c) Solution 1/100.

Les Algues vertes se développent. *Cymatopleura* reste comme Diatomées. Absence de *Gymnodinium,* états enkystés. *Mesocarpus* est aussi détérioré.

III. Richter.

a) Solution au 1/10.

Légère augmentation due aux *Achnanthes. Cymatopleura* en bon état. Péridiniacées toutes enkystées.

b) Solution au 1/50.

Le développement est le même qu'au 1/10.

c) Solution au 1/100.

L'augmentation est plus faible encore, on retrouve les mêmes formes.

IV. Eau du lac.

La diminution s'accentue. *Cymatopleura* se maintient. A côté de quelques Algues vertes isolées comme *Scenedesmus Stichococcus, Sphaerocystis* et *Ankistrodesmus genevensis* on retrouve les kystes des *Péridiniacées.*

Comme je l'ai fait pour les cultures après 30 jours, je résume ici les résultats obtenus 60 jours après l'inoculation en milieux liquides à la lumière naturelle, sans parler des Flagellés dont la disparition totale a eu lieu avant 30 jours.

Diatomées planctoniques. — Les *Fragilaria* ne sont conservés que dans le Detmer avec ou sans fer au 1/10. Ils sont en meilleur état dans le Detmer avec fer au 1/10. Les *Asterionella* ne se retrouvent que dans ce milieu, mais la forme étoilée a disparu, on ne rencontre que des éléments désagrégés, grou-

pes de 2 ou 3 cellules et en plus grand nombre des cellules isolées.

Cymatopleura. — Se retrouvent dans tous les milieux toujours avec la formation de réserves sous forme de gouttelettes huileuses.

Péridiniacées. — Les formes enkystées se retrouvent dans tous les milieux. Les *Gymnodinium* mobiles sont encore nombreux dans le Detmer fer au 1/10, plus rares au 1/50 mêlés à des formes non mobiles. Dans le Detmer sans fer les *Gymnodinium* mobiles ne se retrouvent que dans les solutions au 1/10. Il n'y a plus que des formes immobiles au 1/50 et des formes enkystées au 1/100.

Algues vertes. — L'augmentation est sensible dans les milieux Detmer fer aux diverses concentrations. Dans le Detmer sans fer le développement est prononcé au 1/50, moins fort au 1/100 et très faible au 1/10. Il est presque nul dans les milieux Richter; dans l'eau du lac il y a régression. Le *Mesocarpus* périclite dans le Detmer sans fer au 1/100, dans le Detmer avec fer au 1/50 et au 1/100. Dans le Detmer fer au 1/10 *Cosmarium* présente de nombreux états de multiplications anormales.

Oscillatoriées. — Oscillatoria continue a se développer dans le Detmer fer au 1/10.

§ 2. — Cultures sur plaques.

Ces cultures ont été faites à la lumière naturelle et dans trois milieux. 1° Detmer sans fer; 2° Detmer avec fer; 3° Eau du lac. Elles conduisent aux résultats suivants :

A) 30 jours après l'inoculation.

a) Detmer (sans fer) 1/10.

Les Flagellés et *Cryptomonas* ont disparu ; les Péridinacées ne se retrouvent ni sous la forme mobile, ni sous la forme de kyste. Les Diatomées planctoniques et *Cymatopleura* sont détruites. Par contre il y a un grand développement en Algues vertes fourni par les formes suivantes : *Chlorella,* très abondantes se multipliant à l'état libre ou dans les coques des *Dinobryon* morts, la présence de matières organiques favorisant sans

doute le développement dans ces conditions; *Stichococcus; Sphaerocystis* soit en cellules isolées soit en colonies sans forme définie, nombreux états de zoosporanges; *Microthamnium ; Scenedesmus* et *Ankistrodesmus* sont rares.

A côté de l'enduit vert formé par les Algues vertes se montrent des taches brunâtres qui sont dues à des accumulations *d'Achnanthes.*

b) Detmer (avec fer) 1/10.

Le Développement général est moins fort que dans le Detmer sans fer. Ici on retrouve les kystes des Péridiniacées. Parmi les Algues vertes ce sont les *Chlorella* qui se multiplient le mieux. Pour le reste le développement est le même que dans le Detmer sans fer, mais plus faible.

c) Eau du lac.

L'augmentation est presque nulle. On y retrouve aussi quelques kystes de Péridiniacées, à part cela seules les Algues vertes sont conservées. Tout le reste a disparu.

On obtient ainsi pour les cultures sur plaques à la lumière les données ci-dessous au bout de 30 jours.

Flagellés et Cryptomonas. — Complètement détruits dans les trois milieux.

Péridiniacées. — Quelques formes enkystées dans le Detmer fer au 1/10 et dans l'eau du lac.

Diatomées planctoniques. — Dans les trois milieux disparition totale. *Cymatopleura* ne se retrouve nulle part.

Achnanthes. — Se développe dans les milieux Detmer et d'une manière plus intense dans le Detmer sans fer.

Algues vertes. — Elles se conservent dans l'eau du lac et se multiplient dans le Detmer. La multiplication est aussi plus forte dans le Detmer sans fer. La forme la plus abondante est fournie par les *Chlorella.* Le *Sphaerocystis* est à l'état de cellules isolées ou en grosses colonies irrégulières.

B. 60 jours après l'inoculation.

a) Detmer (sans fer) 1/10.

Le développement se poursuit; le *Sphaerocystis* forme de nombreux zoosporanges; *Stichococcus* montre un protoplasma fortement vacuolisé; *Scenedesmus* toujours rare se présente souvent sous forme de colonies liniaires à 8 ou 12 cellules juxtaposées;

à côté d'*Achnanthes* se développent de nombreuses *Fragilaria gracilis* très mobiles. Les kystes des Péridiniacées sont détruits.

b) Detmer (avec fer) 1/10.

Le développement se continue. Comme dans le Detmer sans fer *Fragilaria gracilis* se multiplie.

c) Eau du lac.

Léger accroissement en Algues vertes fourni spécialement par les *Chlorella; Stichococcus* se désarticule.

Les résultats après 60 jours sont les suivants :

Péridiniacées. — Les kystes ont complètement disparu.

Achnanthes. — Le développement se poursuit dans les milieux Detmer.

Fragilaria gracilis. — Apparaît dans le Detmer sans et avec fer.

Algues vertes. — Augmentation forte dans le Detmer sans fer, plus faible dans le Detmer fer et très légère dans l'eau du lac. *Sphaerocystis* montre de nombreux états zoosporangiaux ; *Stichococcus* se désarticule dans l'eau du lac, dans le Detmer sans fer l'état filamenteux se maintient, ces filaments sont plus ou moins contournés et les cellules fortement vacuolisées. *Scenedesmus* se montre en chaînes de 8 à 12 cellules dans le Detmer sans fer.

§ 3. — Cultures a l'obscurité.

Ces essais ont porté sur 4 milieux : 1° Detmer sans fer 1/10 ; 2° Detmer fer 1/10 ; 3° Richter 1/10 ; 4° Eau du lac. Il était à prévoir que le plancton ne pourrait pas se développer dans ces conditions, mais la formation de kystes ou de spores durables aurait pu se produire pour lutter contre ces conditions défavorables. Voici les résultats obtenus 30 jours après l'inoculation :

Flagellés-Cryptomonas. — Complètement détruits, pas de formation de kystes.

Péridiniacées. — Dans le Detmer fer et dans le Richter disparition totale ; formation de kystes dans le Detmer sans fer et dans l'eau du lac.

Diatomées. — Toutes détruites.

Algues vertes. — Dans le Detmer fer et le Richter aucune

n'a subsisté. Dans le Detmer sans fer et dans l'eau du lac quelques cellules isolées se sont maintenues, ce sont les *Chlorella, Sphaerocystis, Cosmarium.*

60 jours après l'ensemencement la diminution s'accentue. Dans le Detmer fer et le Richter on ne retrouve rien du tout. Pour le Detmer sans fer seuls quelques kystes de Péridiniacées vivent encore. Ils sont détruits dans l'eau du lac où l'on ne retrouve que quelques *Cosmarium.* Comme on le voit la formation de kystes n'a lieu que pour les Péridiniacées.

A l'inverse de ce qui se passe à la lumière, l'action du fer semble néfaste au développement ou plutôt à la conservation des Algues vertes à l'obscurité.

§ 4. — Cultures aérées.

Ces essais ont porté sur les solutions Detmer sans fer 1/10 et Detmer avec fer 1/10.

A. 30 jours après l'inoculation.

a) Detmer (sans fer) 1/10.

Il y a une légère augmentation qui est due, contrairement à ce que nous avons vu jusqu'ici, aux Diatomées planctoniques. Absence de Flagellés et *Cryptomonas.* On rencontre quelques *Gymnodinium* mobiles présentant une forte pigmentation rouge.

Asterionella garde la forme étoilée, mais de nombreuses cellules sont mortes; *Fragilaria* en rubans se développe; *Melosira* et *Cyclotella* se maintiennent en bon état, il en est de même pour *Cymatopleura* remplis de réserves huileuses; *Synedra* se multiplie.

Les Algues vertes sont en régression, on ne retrouve guère que *Ankistrodesmus genevensis* plus ou moins modifié, *Cosmarium Stichococcus, Ulothrix.*

b) Detmer (avec fer) 1/10.

Le développement est beaucoup plus marqué que dans le Detmer sans fer, il est dû ici aussi à la multiplication des Diatomées planctoniques.

Absence de Flagellés et des Péridiniacées. *Cryptomonas* se maintient mobile mais sa coloration tourne au vert.

Fragilaria se développe en rubans droits, en général assez

courts ; il y a sans doute désarticulation produite par le mouvement de l'agitation de l'eau due au passage de l'air. Absence de rubans tordus dans le plancton frais.

Asterionella. — Se divise activement. Dans le plancton frais du 18 XII. 1918 la composition des étoiles peut se déduire des chiffres suivants :

Nombre de cellules par étoiles	Cas rencontrés
1	16
2	8
3	14
4	28
5	10
6	10
7	21
8	33
10	6
11	1
16	2

Les étoiles à 8 cellules sont les plus nombreuses, lorsque ce nombre augmente on aboutit à la formation d'une spirale, à la superposition de deux étoiles dans le cas des colonies à 16 cellules ; les angles formés par les cellules ayant atteint leur développement normal sont presque rigoureusement égaux.

A côté de formes étoilées se trouvaient en petite quantité du reste (1,5 $^0/_0$) des formes en chaînes zigzagantes, les cellules restent jointes tantôt par la base tantôt par le sommet.

Il était nécessaire de rappeler ces données pour faire bien ressortir les modifications profondes qu'ont subies les *Asterionella* dans les cultures envisagées. Nous retrouvons ici les étoiles normales bien conservées et à côté de celles-ci de nombreux exemples d'un type nouveau que je désignerai dès maintenant sous le nom d'*Asterionella* en bande [1]. Les figures 1, 2 et 3 montrent

[1] Cette formation en bande chez *Asterionella* n'a été jusqu'ici rencontrée dans la nature que par Woloszynska, J. Dans son travail « Ueber die Variabilität des Phytoplanktons der Polnischen Teiche », *Bull. de l'Acad. des Sciences de Cracovie.* Série B. Sc. Nat. Mai 1911, il l'a représentée à la fig. IV, sous le n° 4 et 5. Ces formations en bande de *Asterionella gracillima* (Hantsch). Heib. sont nombreuses au mois de janvier dans l'étang Janow.

de quoi il s'agit. Les cellules se divisent activement et l'écartement reste faible entre chaque cellule, d'où la formation d'un groupe de 7 cellules très rapprochées (fig. 1). La division est encore plus rapide, les cellules restent en contact par leurs



Fig. 1.

deux extrémités et ne se séparent que tardivement (fig. 2). Le même phénomène se reproduit pour la fig. 3, augmenté dans

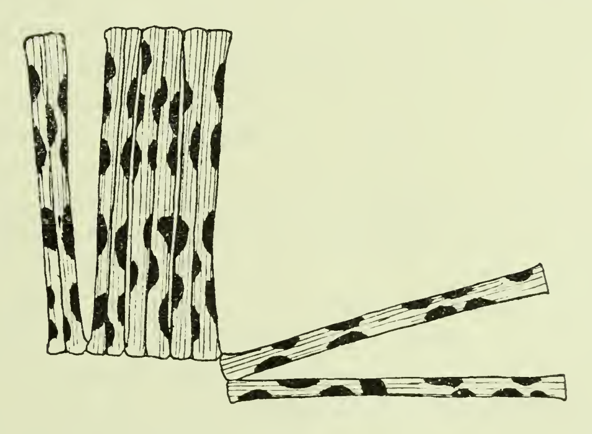


Fig. 2.

ce cas de divisions anormales pour les deux cellules externes. On trouvera plus loin une figure (fig. 4, p. 326) qui montre un cas fréquemment réalisé. Le cas extrême est celui où la tendance à l'écartement des cellules n'existe plus, il y a alors formation en

bandes typiques rappelant grosso modo les colonies de *Fragilaria crotonensis*, cependant le nombre des cellules y est moins considérable, j'en ai compté 12 au maximum.

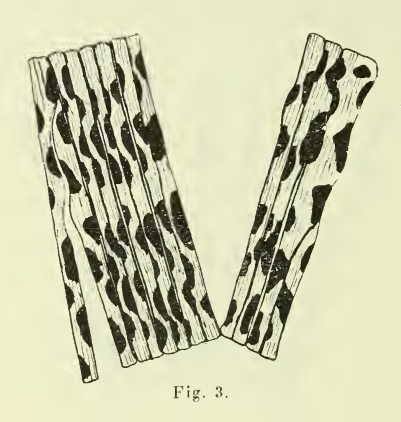


Fig. 3.

Si la formation de ces *Asterionella* en bandes s'explique facilement, les causes de cette transformation sont encore obscures. Est-elle due à une meilleure oxygénation provoquée par l'aération, à l'agitation du milieu ; il est probable que ces différents facteurs liés à un certain milieu agissent de pair, vu que dans le Detmer sans fer cette modification ne se présente pas.

Je n'ai jamais rencontré cette formation en bande dans le lac où l'*Asterionella* se présente soit en étoiles soit en chaînes zigzagantes.

Par la longueur moyenne de leurs cellules, ces *Asterionella* en bandes sont du même type que l'*Asterionella* formant les chaînes zigzagantes.

Cymatopleura présente les mêmes caractères que dans le Detmer sans fer. *Synedra* se multiplie aussi. Si dans le Detmer sans fer les Algues vertes périclitent, dans le Detmer fer elles se maintiennent et se développent même légèrement ; on y trouve : *Chlorella ; Scenedesmus ; Cosmarium ; Ankistrodesmus aciculare ; Closterium aciculare ;* quelques *Oocystis ; Sphærocystis* à l'état isolé, faiblement coloré ; *Pediastrum ;* puis comme Algues vertes filamenteuses *Ulothrix ? Stigeoclonium ? Mesocarpus.*

30 jours après l'inoculation dans les cultures aérées, le sort des diverses formes est le suivant :

Flagellés. — Disparition totale dans les deux milieux.

Cryptomonas. — Persiste dans le Detmer fer mais verdit tout en restant mobile.

Péridiniacées. — Formes *Gymnodinium* avec fort pigment rouge dans le Detmer sans fer. Absence de formes mobiles et de kystes dans le Detmer fer.

Diatomées planctoniques. — Très faible développement dans le Detmer sans fer; les formes sont normales. Forte augmentation dans le Detmer fer, état particulier des *Asterionella,* formes en bandes.

Cymatopleura. — Maintenu dans les deux milieux avec accumulation de gouttelettes huileuses.

Algues vertes. — Diminution pour le Detmer sans fer; augmentation dans le Detmer fer; *Sphærocystis* se désagrège et pâlit.

B. 60 jours après l'inoculation.

a) Detmer (sans fer) 1/10.

Les Diatomées planctoniques disparaissent. *Asterionella* est complètement détruite. Les bandes de *Fragilaria* sont très courtes, mais la multiplication continue. *Cymatopleura* se maintient. *Achnanthes* se développe ainsi que *Synedra.* Les Algues vertes continuent leur développement. Les Péridiniacées ont complètement disparu.

b) Detmer (avec fer) 1/10.

Cryptomonas a disparu, Les Diatomées planctoniques se développent faiblement. La désarticulation des *Fragilaria* s'accentue; il en est de même des étoiles d'*Asterionella;* la forme en bande subsiste. *Cymatopleura* persiste; *Achnanthes* se développe aussi. Les Algues vertes sont en forte augmentation fournie par *Scenedesmus* montrant de nombreuses colonies liniaires de 8 à 12 cellules; *Ankistrodesmus aciculare; Pediastrum; Closterium aciculare; Ulothrix; Mesocarpus* dont plusieurs cellules présentent un chromatophore pariétal spiralé analogue aux *Spirogyra* à chromatophore unique; *Sphærocystis* a disparu.

En résumé, après 60 jours.

Cryptomonas. — Disparaît totalement.

Péridiniacées. — Disparition totale également.

Diatomées planctoniques. — *Asterionella* n'existe plus dans

le Detmer sans fer, et se désarticule dans le Detmer fer. *Fragilaria* se désarticule dans ces deux milieux.

Cymatopleura. — Se maintient dans les deux cas.

Achnanthes. — Commence à se développer dans les deux solutions.

Algues vertes. — Légère augmentation dans le Detmer sans fer. Forte multiplication sous l'action du fer, excepté pour *Sphærocystis* qui disparaît complètement.

On voit par là que si, au début, les Diatomées planctoniques prédominaient, dans la suite ce sont les Algues vertes qui prennent un développement plus fort; la forte multiplication des Algues vertes à partir d'un certain temps semble nuire au développement des Diatomées.

Dans les cultures à la lumière naturelle, les Diatomées ont disparu très rapidement ou du moins leur développement s'est très vite ralenti. Ici, au contraire, l'aération a largement favorisé leur multiplication durant les 30 premiers jours.

Examinons maintenant ce qu'ont donné les cultures sous cloches colorées.

§ 5. — Cultures sous cloches jaunes.

A. 30 jours après l'inoculation.

a) Detmer (sans fer) 1/10.

Les Flagellés et *Cryptomonas* ont disparu. Les Péridiniacées sont enkystées, plus d'états mobiles. Les Diatomées ne se sont pas multipliées, mais sont encore conservées. Parmi les Diatomées planctoniques, ce sont les *Fragilaria* qui résistent le mieux; *Asterionella* est le plus souvent désarticulée. Les Algues vertes périssent; on ne retrouve que quelques *Ankistrodesmus genevensis; Cosmarium depressum; Scenedesmus.*

b) Detmer (avec fer) 1/10.

Les cultures montrent la même composition que dans le Detmer sans fer, mais les Diatomées y sont mieux conservées.

c) Richter 1/10.

Les Flagellés et *Cryptomonas* ont aussi disparu; les kystes de Péridiniacées sont rares. Parmi les Diatomées planctoniques on ne retrouve à l'état vivant que *Fragilaria; Asterionella* est

désarticulée et déjà complètement morte. *Cymatopleura* persiste. Les Algues vertes sont plus rares.

d) Eau du lac.

Les Flagellés et *Cryptomonas* n'existent plus. Les Péridiniacées sont enkystées. C'est dans ce milieu que les Diatomées planctoniques sont le mieux conservées, mais ici aussi *Asterionella* est désarticulée. Les Algues vertes sont peu nombreuses.

Les résultats auxquels conduisent ces cultures après 30 jours sont donc :

Flagellés-Cryptomonas. — Diparition totale dans les quatre milieux.

Péridiniacées. — Formation de kystes dans ces milieux avec destruction partielle dans le Richter.

Diatomées planctoniques. — Persistance marquée. *Fragilaria* est vivante dans les quatre milieux. *Asterionella,* partout plus ou moins désarticulée, est détruite dans le Richter.

Cymatopleura. — Se retrouve partout sans présenter d'accumulation de réserves huileuses.

Algues vertes. — Ne prospèrent dans aucun milieu. Les plus résistantes sont *Scenedesmus; Cosmarium; Ankystrodesmus; Sphærocystis.*

B. 60 jours après l'inoculation.

a) Detmer (sans fer) 1/10.

Les kystes des Péridiniacées sont conservés. Parmi les Diatomées planctoniques, les *Fragilaria* sont encore en bon état; par contre *Asterionella* est complètement détruite. *Cymatopleura* se maintient. Les Algues vertes sont toujours très rares.

b) Detmer (avec fer) 1/10.

Le développement des Diatomées planctoniques continue. Pour le reste, les cultures se comportent comme dans le Detmer sans fer.

c) Richter 1/10.

Pas de changement si ce n'est la diminution croissante de *Fragilaria.*

d) Eau du lac.

Forte diminution en Diatomées; on ne retrouve guère que quelques *Fragilaria. Cymatopleura* et les kystes de Péridiniacées se maintiennent. Les Algues vertes deviennent rares.

Laissant de côté les Flagellés et *Cryptomonas*, on obtient ainsi après 60 jours les résultats ci-dessous :

Péridiniacées. — Les kystes se maintiennent.

Diatomées planctoniques. — *Asterionella* ne se retrouve plus que dans le Detmer fer en éléments désarticulés.

Fragilaria se multiplie légèrement dans le Detmer sans fer, plus fortement dans le Detmer fer et diminue dans le Richter et dans l'eau du lac.

Algues vertes. — Leur diminution s'accentue dans tous les milieux.

Je dirai encore quelques mots concernant les chromatophores des *Fragilaria* à la fin du paragraphe consacré aux cultures sous cloches bleues, ceci en vue d'établir certaines comparaisons.

§ 6. — Cultures sous cloches bleues.

A. 30 jours après l'inoculation.

a) Detmer (sans fer) 1/10.

Les Flagellés et *Cryptomonas* ont disparu; cette absence se répétera pour les trois autres milieux.

Les Péridiniacées sont sous forme de kystes; les Diatomées planctoniques se développent légèrement. *Asterionella* garde sa forme étoilée. *Cymatopleura* se maintient dans un état normal. Les Algues vertes sont en forte diminution; on ne rencontre guère que *Chlorella* et *Ankistrodesmus*.

b) Detmer (avec fer) 1/10.

Les kystes de Péridiniacées sont rares. On assiste à un fort développement des Diatomées planctoniques : *Fragilaria* se multiplie en grands rubans droits ou plus ou moins tordus; cette croissance est à opposer à celle rencontrée dans les cultures aérées. *Asterionella* se divise activement, on retrouve aussi de ces étoiles à grand nombre de cellules. Le développement de *Synedra* est aussi marqué ; *Cymatopleura* est remarquable par ses états de division nombreux et sa mobilité.

Les Algues vertes sont en forte diminution, on ne retrouve guère que quelques *Spaerocystis* plus ou moins bien conservés.

c) Richter 1/10.

Contrairement aux cultures dans le Detmer, il y a ici une

diminution. Les kystes des Péridiniacées sont mêlés aux Diatomées planctoniques qui sont seulement conservées, *Asterionella* garde sa formation en étoile, mais plusieurs cellules sont vidées. *Cymatopleura* se maintient aussi. Les Algues vertes ne sont plus représentées que par quelques *Scenedesmus* et *Ankistrodesmus* isolés.

d) Eau du lac.

Ces cultures se présentent avec les mêmes caractères que dans le Richter; cependant les Diatomées planctoniques sont toutes bien conservées mais ne se divisent plus non plus. par contre on voit déjà apparaître des taches brunes formées par *Achnanthes.*

Le sort des diverses formes dans les cultures sous cloches bleues est le suivant après 30 jours :

Flagellés-Cryptomonas. — Disparition totale dans les 4 milieux.

Péridiniacées. — Formation de kystes dans ces milieux. Leur nombre est plus restreint dans le Detmer fer.

Diatomées planctoniques. — Elles se développent dans le Detmer et se maintiennent dans les deux autres milieux, surtout dans l'eau du lac, *Fragilaria* forme de nombreux rubans plus ou moins longs qui sont soit droits, soit tordus.

Asterionella garde partout sa forme étoilée et montre un développement très actif dans le Detmer fer ; on assiste à la formation d'*Asterionella* en bande comme pour les cultures aérées dans le Detmer fer 1/10.

Cymatopleura. — Se maintient dans les quatre milieux et se multiplie activement dans le Detmer fer ; sa mobilité est bien marquée.

Achnanthes. — Commence à se multiplier dans l'eau du lac.

Algues vertes. — Grande diminution dans tous les milieux.

B. 60 jours après l'inoculation.

a) Detmer (sans fer) 1/10.

Les kystes des Péridiniacées sont toujours présents. Les Diatomées planctoniques n'augmentent que très peu grâce au développement de *Fragilaria; Asterionella* a disparu ; *Cymatopleura* se maintient ; *Achnanthes* se multiplie. Les Algues vertes ont encore diminué.

b) Detmer (avec fer) 1/10.

On ne retrouve plus les kystes des Péridiniacées. Le beau développement des Diatomées planctoniques continue à se produire. *Fragilaria* présente le même aspect que précédemment; à côté des nombreuses divisions normales on assiste à la formation de cellules anormales dues à des divisions irrégulières. L'étude de ces formes sera reprise dans un autre chapitre intitulé « Des variations brusques chez les Diatomées planctoniques », voir chapitre II (p. 339). *Asterionella* continue à se diviser activement, à côté des étoiles simples, on trouve de nombreux exemplaires d'*Asterionella* en bande ou à grand nombre de cellules comme celle représentée à la fig. 4. A côté de *Synedra* on retrouve *Cymatopleura* toujours mobile. Quelques *Cyclotella* et quelques chaînes de *Melosira* continuent à se développer.

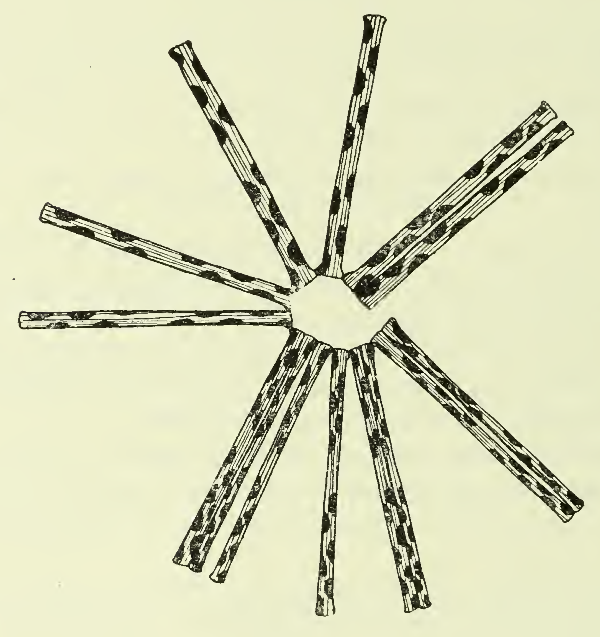


Fig. 4.

Les Algues vertes ont complètement disparu.

c) Richter 1/10.

La diminution est faible; les kystes de Péridiniacées sont en bon état. Parmi les Diatomées planctoniques *Asterionella* n'existe plus; quelques cellules de *Fragilaria* sont en bonne conservation, il en est de même pour *Cymatopleura*. On remarque un développement d'*Achnanthes*. La diminution en Algues vertes s'accentue.

d) Eau du lac.

La diminution est marquée. A part les kystes des Péridiniacées, *Cymatopleura, Achnanthes* et quelques éléments encore vivants de *Fragilaria* tout le reste a disparu.

Avant de comparer les résultats fournis par les cultures sous les différentes lumières, naturelle, jaune et bleue je donne ici les conclusions en ce qui concerne ces cultures sous cloches bleues 60 jours après l'inoculation.

Péridiniacées. — Les kystes se retrouvent dans les milieux Detmer sans fer 1/10, Richter, eau du lac. Ils ont complètement disparu dans le Detmer fer 1/10; il est vrai qu'ils étaient déjà rares dans ce milieu après 30 jours.

Diatomées planctoniques. — *Asterionella* disparaît sauf dans le Detmer fer 1/10 où son développement est toujours actif. Fragilaria s'accroît dans le Detmer avec et sans fer et est en train de disparaître dans le Richter et dans l'eau du lac. Dans le Detmer fer on constate la présence de formes anormales.

Cymatopleura se retrouve dans les 4 milieux.

Achnanthes continue son développement dans l'eau du lac et apparaît aussi dans le Richter.

Algues vertes. — Elles n'existent, pour ainsi dire, plus dans aucun milieux.

Arrivé par ce dernier exposé au terme de la description des cultures après un temps donné, il est nécessaire maintenant d'analyser ces cultures en tenant compte des différents facteurs envisagés. Cette étude sera faite en deux parties; dans la première j'examinerai l'influence de la lumière sur ces cultures, dans la deuxième l'influence de l'aération. Pour ne pas allonger inutilement je ne m'occuperai dans les deux cas que des cultures dans les milieux Detmer sans fer 1/10 et Detmer fer au

1/10, qui présentent le plus grand intérêt ; il sera facile d'après les descriptions qui ont été données de déduire l'influence de ces facteurs pour les milieux Richter et eau du Lac.

§ 7. — Influence de la lumière.

A Detmer (sans fer) 1/10.

En comparant les cultures obtenues dans la lumière naturelle, la lumière jaune, la lumière bleue et dans l'obscurité on obtient les résultats suivants :

1° 30 jours après l'inoculation.

En gros l'état est stationnaire à la lumière naturelle; léger développement en Diatomées planctoniques et réduction en Algues vertes à la lumière jaune ainsi qu'à la lumière bleue; forte diminution à l'obscurité. L'analyse du plancton donne :

Flagellés et Cryptomonas. — Disparaissent partout.

Péridiniacées. — Formation de kystes dans les quatre milieux ; persistance d'états mobiles *Gymnodinium* à la lumière naturelle.

Diatomées planctoniques. — Disparition totale à l'obscurité; à la lumière naturelle seuls quelques *Fragilaria* sont conservés; à la lumière jaune *Fragilaria* se développe, *Asterionella* se désarticule, mais demeure vivante; enfin à la lumière bleue il y a aussi un léger développement de *Fragilaria* et *Asterionella* garde sa forme étoilée.

Cymatopleura se maintient à l'état normal sauf à l'obscurité, où il disparaît entièrement.

Algues vertes. — Elles sont conservées à la lumière naturelle et les espèces suivantes se développent : *Chlorella; Ankistrodesmus; Sphærocystis* se désagrège. Quelques algues filamenteuses croissent : *Mesocarpus; Hormospora; Ulothrix; Microthamnium.*

A l'obscurité on ne retrouve que quelques cellules isolées de *Chlorella, Sphærocystis, Cosmarium.* Il en est de même à la lumière jaune et à la lumière bleue.

2° 60 jours après l'inoculation.

Il y a une légère augmentation due aux Algues vertes à la lumière naturelle ; la diminution s'accentue à l'obscurité; faible augmentation dans les solutions à la lumière bleue et jaune.

PÉRIDINIACÉES. — A côté de formes mobiles *Gymnodinium* à la lumière naturelle se trouvent aussi des kystes; ceux-ci se rencontrent dans les trois autres milieux.

DIATOMÉES PLANCTONIQUES. — Quelques rares *Fragilaria* sont conservés à la lumière naturelle; léger développement dans les lumières jaune et bleue. *Asterionella* a complètement disparu partout.

Cymatopleura se retrouve dans le même état qu'au bout de 30 jours.

Achnanthes commence à se multiplier à la lumière naturelle ainsi qu'à la lumière bleue.

ALGUES VERTES. — Léger développement à la lumière naturelle des espèces rencontrées après 30 jours. Disparition totale à l'obscurité. On ne retrouve plus que quelques individus isolés dans les lumières colorées.

L'action des diverses lumières est la suivante pour les cultures dans le Detmer sans fer à 1/10. La lumière naturelle provoque un léger développement en Algues vertes, mais est plutôt néfaste aux Diatomées planctoniques; elle maintient la forme mobile des Péridiniacées. L'obscurité arrête tout développement et favorise la formation de kystes chez les Péridiniacées. Les lumières colorées ont une action néfaste sur les Algues vertes, qui disparaissent assez rapidement; par contre elles prolongent la vie des Diatomées planctoniques, qui montrent même une certaine augmentation. La lumière bleue est plus favorable; on voit, en effet, qu'après 30 jours *Asterionella* est désarticulée dans la lumière jaune et reste en étoile à la lumière bleue.

Passons maintenant à l'étude de ces mêmes facteurs de lumière dans le cas des cultures dans le Detmer fer au 1/10.

B. Detmer fer au 1/10.

1° 30 jours après l'inoculation.

D'une manière générale, on observe à la lumière naturelle un fort développement en Algues vertes; dans les lumières colorées la multiplication presque exclusive des Diatomées planctoniques, cette augmentation étant plus forte dans le bleu; enfin, à l'obscurité une forte diminution due à la destruction des Diatomées et d'une grande partie des Algues vertes.

Le sort des différentes formes est le suivant:

Flagellés. — Disparition totale dans les quatre milieux.

Cryptomonas. — Ne se maintient qu'à la lumière naturelle soit à l'état mobile, soit en stades plus ou moins gélifiés.

Péridiniacées. — Les formes mobiles ne se retrouvent qu'à la lumière naturelle, accompagnées de quelques kystes; ceux-ci sont nombreux dans la lumière jaune, plus rares dans la lumière bleue et complètement absents à l'obscurité.

Diatomées planctoniques. — Elles se conservent à la lumière naturelle, disparaissent à l'obscurité. Dans les lumières colorées il y a développement, surtout dans le bleu. *Fragilaria* est en bandes droites ou tordues; *Asterionella* tend à se désarticuler dans la lumière jaune; au contraire, dans la lumière bleue, les étoiles restent bien formées et les cellules se divisent activement.

Cymatopleura. — Se conserve à la lumière naturelle et remplit son intérieur de gouttelettes huileuses; disparaît à l'obscurité; se maintient à l'état normal dans la lumière jaune et continue à se diviser activement dans la lumière bleue.

Algues vertes. — Elles se développent fortement à la lumière naturelle; on trouve à côté des algues unicellulaires plusieurs algues filamenteuses; à l'obscurité elles disparaissent entièrement; elles périssent en grande partie dans les lumières colorées.

Oscillatoriées. — Les *Oscillatoria* ne se développent qu'à la lumière naturelle.

2° 60 jours après l'inoculation.

Le développement des cultures suit la même marche qu'après les 30 premiers jours; aussi je n'y reviens pas et je passe immédiatement à l'analyse de détail.

Cryptomonas. — Disparaît à la lumière naturelle.

Péridiniacées. — Les formes mobiles se maintiennent à la lumière naturelle et montrent une forte pigmentation rouge; les kystes sont détruits dans la lumière bleue et persistent dans la lumière jaune.

Diatomées planctoniques. — A la lumière naturelle il y a une forte destruction : on ne retrouve que quelques *Fragilaria* et quelques éléments désagrégés de l'*Asterionella*. Au contraire, dans les lumières colorées on assiste à des phénomènes remarquables. Il y a un nouveau développement très prononcé dans

la lumière bleue, plus faible dans la lumière jaune; en outre, les différentes formes présentent des caractères spéciaux selon la coloration de la lumière. Ces caractères donnés par l'étude comparative dans les deux lumières bleue et jaune sont les suivants :

Fragilaria. — Les multiplications sont beaucoup plus nombreuses dans la lumière bleue que dans la lumière jaune. Les bandes droites ou tordues sont plus longues dans la lumière bleue; on observe aussi dans ce milieu des divisions anormales donnant naissance à des individus plus courts que la normale; comme il a déjà été dit à la page 326, la question de ces variations brusques chez les Diatomées planctoniques fera l'objet d'un chapitre spécial; voir page 339.

Le contenu cellulaire se présente avec des caractères particuliers. Dans les bandes du *Fragilaria* fraîchement récolté (fig. 5), les chromatophores n'occupent que la partie médiane des cellules, leurs bords internes sont simples, les réserves huileuses sont réparties très régulièrement, on trouve dans chaque cellule deux grosses gouttelettes indépendantes dans la partie médiane et parfois une ou deux à leurs extrémités. Dans la lumière jaune (fig. 6), les chromatophores s'allongent et sont plus ou moins sinueux à l'intérieur; les gouttelettes huileuses, plus nombreuses dans la partie médiane, s'allongent et se fragmentent et, le plus souvent, elles semblent sécrétées par les chromatophores; on en retrouve aussi un nombre variable dans les extrémités des cellules.

Les chromatophores prennent un développement considérable dans la lumière bleue (fig. 7); ils s'étendent souvent jusqu'aux extrémités des cellules, où ils sont en général élargis; leurs bords internes sont d'un type intermédiaire entre les deux premiers cas; les réserves huileuses disparaissent complètement.

Asterionella. — Dans la lumière jaune le développement est faible, on ne retrouve plus d'étoiles complètes, les cellules sont soit isolées, soit groupées par deux ou trois. Dans la lumière bleue, par contre, la multiplication d'*Asterionella* continue activement; on rencontre ici de nombreuses étoiles complètes, dont plusieurs montrent un grand nombre de cellules (fig. 4); c'est aussi dans ces cultures qu'apparaissent les *Asterionella* en

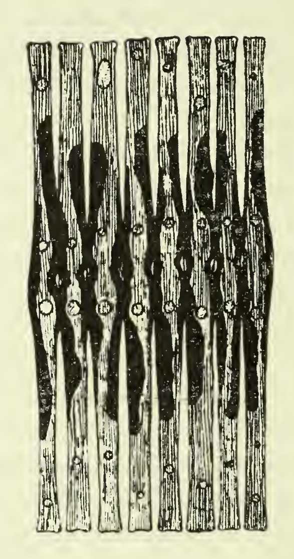


Fig. 5.

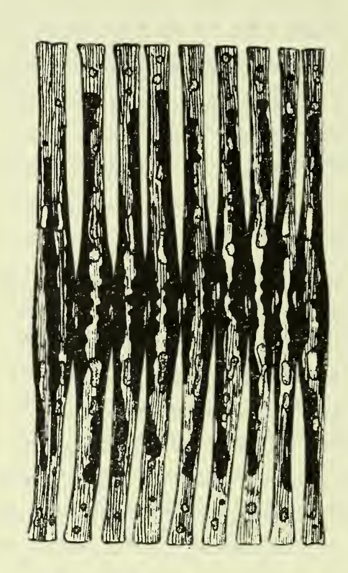


Fig. 6.

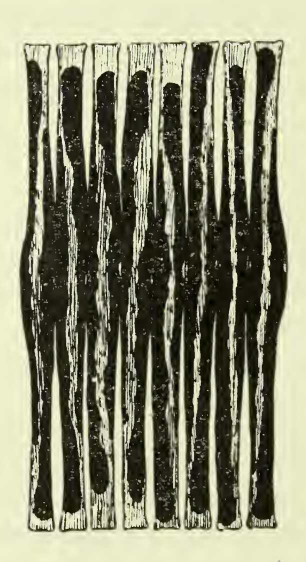


Fig 7.

bande, analogues aux formes décrites pour les cultures aérées dans le Detmer fer au 1/10 également (fig. 1, 2, 3).

Je donne ici 4 dessins (fig. 8, 9, 10, 11) qui ont été exécutés d'après des photographies; ils permettront de comparer aisément les résultats obtenus dans ces cultures. Les fig. 8 et 9 se rapportent aux cultures dans la lumière jaune, et les fig. 10 et 11 à celles obtenues dans la lumière bleue.

Cymatopleura. — L'état est le même qu'après 30 jours, avec une légère augmentation dans la lumière bleue.

Algues vertes. — Forte augmentation à la lumière naturelle soit des algues unicellulaires, soit des algues filamenteuses. Je relève deux particularités intéressantes : *Ankistrodesmus* est fortement vacuolisé; *Cosmarium* présente de nombreuses divisions anormales. A la lumière bleue elles disparaissent complètement; quelques rares cellules se retrouvent encore dans la lumière jaune.

§ 8. — Influence de l'aération.

Pour nous rendre compte du rôle de l'aération nous n'aurons qu'à comparer les résultats obtenus dans les milieux Detmer sans et avec fer au 1/10 dans les trois conditions réalisées à la lumière naturelle ; 1° Cultures dans les solutions liquides ; 2° cultures sur plaques; 3° cultures dites aérées. Pour ne pas répéter les analyses je donnerai seulement les conclusions concernant ces cultures 30 et 60 jours après l'inoculation.

Je ne parlerai que des cultures sur plaques et des cultures aérées ; quant aux cultures dans les solutions liquides ordinaires on n'aura qu'à se reporter à ce qui a été dit dans le chapitre I sous les lettres A et B, chiffres 1 et 2.

A Detmer (sans fer) 1/10.

1° 30 jours après l'inoculation.

Flagellés et Cryptomonas. — Disparition dans les deux milieux.

Péridiniacées. — Les formes mobiles persistent dans les cultures aérées ; disparition complète sur plaques.

Diatomées planctoniques. — On ne les retrouve plus sur plaques, au contraire dans les cultures aérées *Asterionella* se

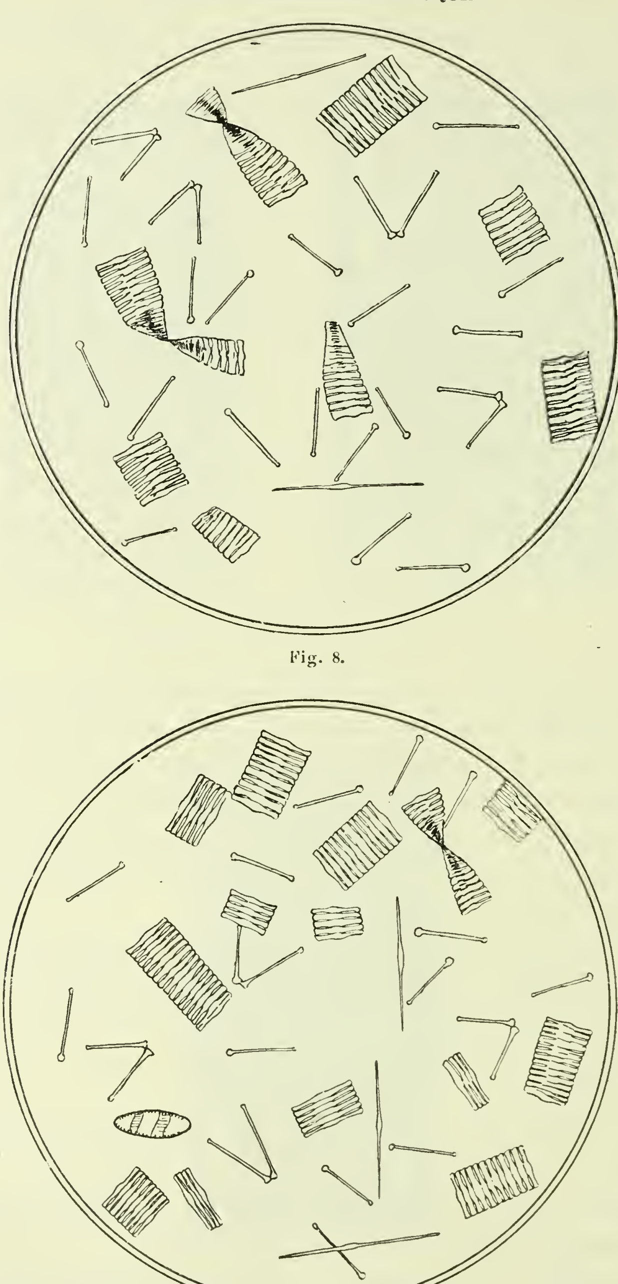


Fig. 8.

Fig. 9. — Cultures sous cloche jaune (d'après photographies).

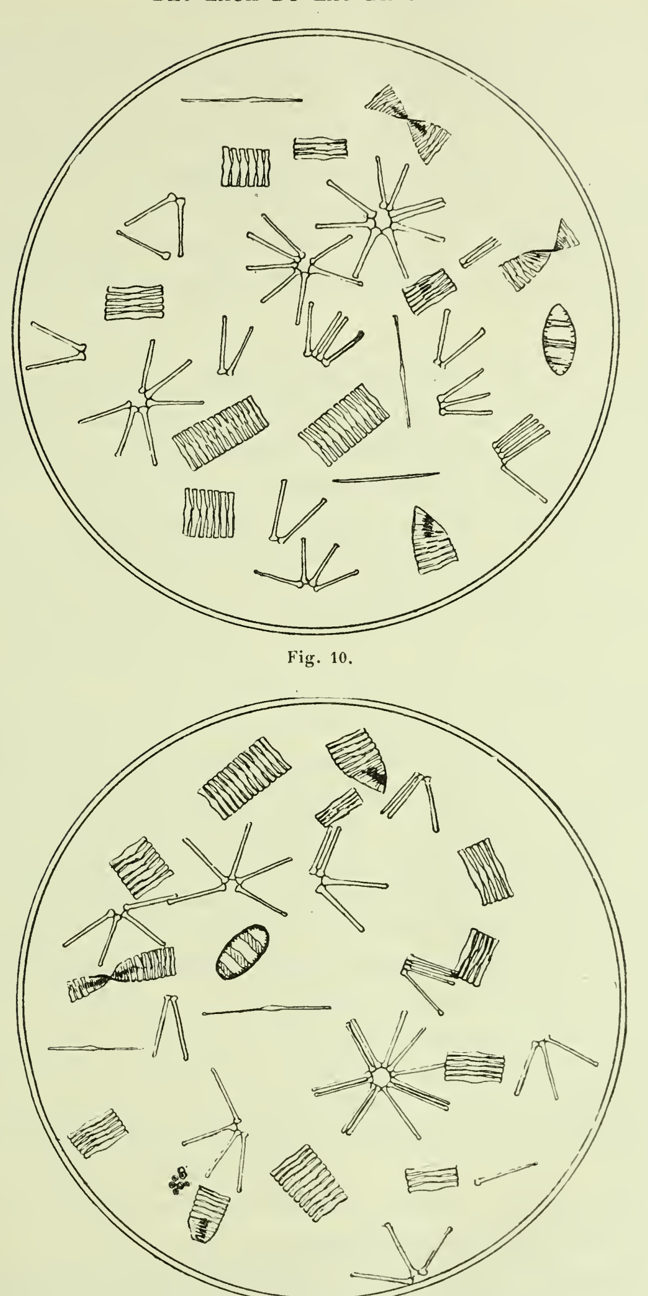


Fig. 10.

Fig. 11. — Cultures sous cloche bleue (d'après photographies).

maintient plus ou moins bien conservée en étoile ; *Fragilaria* se développe légèrement, il en est de même pour *Cyclotella* et *Melosira*.

Cymatopleura. — Disparaît sur plaques ; se maintient avec accumulation d'huile dans les cultures aérées.

Achnanthes. — Ne se développe que sur plaques.

Algues vertes. — Il y a un fort développement d'Algues uni-cellulaires sur plaques, dans les cultures aérées elles sont en régression.

2° 60 jours après l'inoculation.

Péridiniacées. — Elles ont disparu dans les cultures aérées.

Diatomées planctoniques. — Dans les cultures aérées *Fragilaria* continue à se développer, mais se segmente en colonies pauci-cellulaires ; *Asterionella* disparaît.

Cymatopleura se maintient dans les cultures aérées.

Achnanthes continue son développement sur plaques et apparaît dans les cultures aérées.

Algues vertes. — Sur plaques la multiplication se poursuit. Dans les cultures aérées celles qui avaient subsisté après 30 jours continuent à se développer après 60 jours.

D'après ce qui vient d'être dit on voit que l'aération totale (culture sur plaques) a une action néfaste sur : les Diatomées planctoniques, les Flagellés, les *Cryptomonas*, les Péridiniacées. Par contre elle favorise le développement des Diatomées non planctoniques *(Achnanthes)* et des Algues vertes unicellulaires. L'aération partielle intermittente (cultures aérées) favorise la persistance de l'état mobile des Péridiniacées, active pour un certain temps le développement des Diatomées planctoniques et diminue celui des Algues vertes.

B. Detmer (avec fer) 1/10.

1° 30 jours après l'inoculation.

Flagellés. — Disparition totale.

Cryptomonas se maintient seulement dans les cultures aérées.

Péridiniacées. — Absence complète dans les cultures aérées, on retrouve des kystes sur plaques.

Diatomées planctoniques. — Disparaissent sur plaques, par contre beau développement dans les cultures aérées, *Fragilaria*

est en bandes courtes; *Asterionella* se multiplie activement, étoiles à nombreuses cellules et formes en bande.

Cymatopleura n'est conservé que dans les cultures aérées avec accumulation de réserves huileuses.

Achnanthes n'apparaît que sur plaques.

Algues vertes. — Leur développement est peu marqué sur plaques; on ne trouve que des Algues unicellulaires. Dans les cultures aérées, unicellulaires et filamenteuses se maintiennent et se développent même.

2° 60 jours après l'inoculation.

Cryptomonas. — Disparaît dans les cultures aérées.

Péridiniacées. — On ne retrouve plus les kystes sur plaques.

Diatomées planctoniques. — Leur développement se ralentit dans les cultures aérées. *Fragilaria* et *Asterionella* se désarticulent, mais on retrouve cependant quelques belles étoiles et quelques formes en bande de l'*Asterionella.*

Cymatopleura persiste dans les cultures aérées.

Achnanthes continue à se développer sur plaques et apparaît dans les cultures aérées.

Algues vertes. — Elles se multiplient aussi bien dans les cultures aérées que sur plaques. Dans les cultures aérées les Algues filamenteuses augmentent rapidement.

Dans le Detmer fer au 1/10 nous voyons que l'aération partielle favorise le développement de *Cryptomonas;* des Diatomées planctoniques *Asterionella* et *Fragilaria,* les premières se présentant soit en étoiles à grand nombre de cellules, soit en bandes; ceci pour un certain temps, car après 30 jours les Algues vertes augmentent, tandis que les Diatomées ralentissent leur développement. A ce moment apparaissent les *Achnanthes.*

L'aération totale a une influence néfaste sur: les Flagellés; *Cryptomonas*, Diatomées planctoniques; *Cymatopleura;* par contre les kystes de Péridiniacées ne sont pas détruits. Les Algues vertes unicellulaires se multiplient bien et *Achnanthes* s'y montre de bonne heure.

Pour terminer la première partie de ce travail je récapitule les points qui me paraissent les plus intéressants touchant à la résistance et à la culture des Algues planctoniques.

1° La très faible résistance des Flagellés *(Mallomonas, Dinobryon, Diceras).* Disparition totale avant 30 jours.

2° La faible résistance des *Cryptomonas.* On les retrouve au bout de 30 jours dans les milieux suivants à la lumière naturelle : Detmer fer 1/10, 1/50 ; Detmer sans fer 1/50 ; dans les cultures aérées Detmer fer 1/10. Ils disparaissent avant 60 jours.

3° L'enkystement des Péridiniacées et la survivance des états mobiles *Gymnodinium* dans les solutions Detmer fer 1/10, 1/50 ; Detmer sans fer 1/10 jusqu'à 60 jours à la lumière ordinaire seulement.

4° La faible résistance des Diatomées planctoniques à la lumière ordinaire et à l'obscurité.

5° Le beau développement des Diatomées planctoniques soit dans les cultures aérées, soit dans la lumière jaune et bleue et spécialement dans cette dernière.

6° La fragmentation des bandes de *Fragilaria* dans les cultures aérées.

7° Les différences que présentent les chromatophores du *Fragilaria* dans les diverses lumières.

8° Le changement brusque dans la longueur des cellules de *Fragilaria* sous la lumière bleue dans les solutions Detmer fer au 1/10.

9° La désarticulation des étoiles de l'*Asterionella* sous la lumière jaune.

10° La formation en bande d'*Asterionella* dans le Detmer fer 1/10 pour les cultures à la lumière bleue et les cultures aérées, accompagnée d'étoiles à nombreuses cellules.

11° La résistance de *Cymatopleura.*

12° Le développement des Algues vertes à la lumière et dans les cultures aérées, favorisé par la présence du fer.

13° Les transformations subies par les *Ankistrodesmus, Sphaerocystis, Cosmarium.*

14° La persistance d'*Oscillatoria* dans le Detmer fer au 1/10 à la lumière naturelle.

CHAPITRE II.

Variations brusques dans la longueur de quelques diatomées planctoniques d'eaux douces

J'ai mentionné dans les pages précédentes la présence de formes raccourcies du *Fragilaria* sous la lumière bleue dans le Detmer fer au 1/10. Il est nécessaire de consacrer un chapitre à l'étude de ces formes anormales. En examinant le produit d'une pêche planctonique faite dans la Limmat à Zurich, le 30 janvier 1918, je suis resté fort embarrassé devant un exemplaire de *Tabellaria fenestrata;* l'étoile ne comptait que trois cellules et, fait curieux, celle du centre était deux fois plus courte que ses deux voisines qui présentaient une valve externe normale, tandis que l'interne était réduite de moitié. Ne pouvant m'expliquer cette formation je mis de côté mes notes et dessins en attendant l'occasion de découvertes d'un même genre. Quelques nouveaux faits se rapportant cette fois-ci à l'*Asterionella* et aux *Fragilaria* me permettent de résoudre ce problème. Les figures ci-jointes me permettront d'être bref dans les descriptions.

Fig. 12. — Exemplaire provenant d'une pêche du 3 janvier 1919 entre le Port-Noir et l'Ariana à la surface du lac de Genève. Une *Asterionella* à 10 cellules, dont une vidée à gauche. La longueur des deux cellules externes est de 65[1], celle des 7 cellules internes est de 51 ; les deux grandes cellules sont brisées, le chiffre de 65 ne représente donc pas leur vraie longueur. La grande cellule de gauche montre une malformation sur sa valve interne; le sommet de la cellule voisine est aussi irrégulier ; les autres cellules sont normales mais s'écartent peu les unes des autres, on voit même trois cellules encore réunies par leurs sommets et plus ou moins séparées à la base. La grande cellule de droite présente une valve interne longue de 51, plus courte que l'externe mesurant 65.

Fig. 13. — Pêche du 10 janvier 1919, au même endroit. Cet exemplaire est des plus instructifs, car c'est de son examen que nous pouvons comprendre la formation de ces cellules brusque-

[1] Toutes les mesures sont exprimées en $\mu = 0{,}001$ mm.

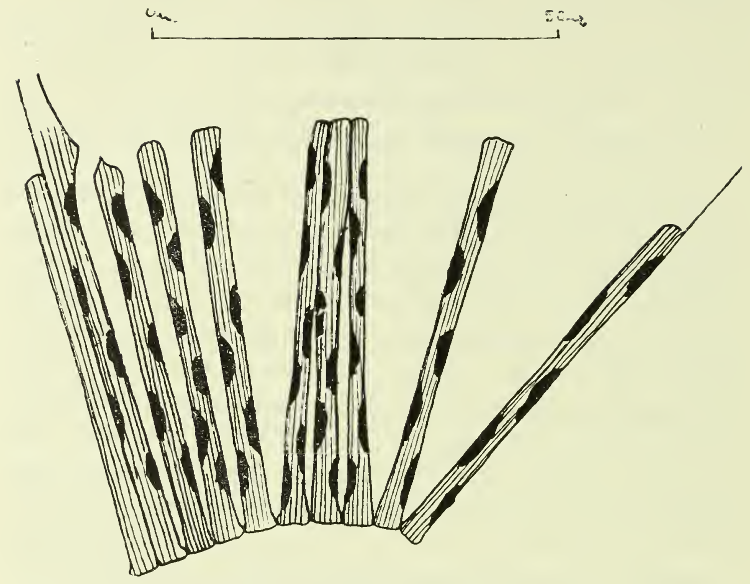


Fig. 12 (d'après photographie).

ment raccourcies chez les Diatomées. Ici nous avons une *Asterionella* à 8 cellules groupées 4 par 4. Dans le groupe de droite on constate que deux grandes cellules sont séparées sur leur plus grande longueur, restant soudées au sommet seulement



Fig. 13.

sur une longueur de 5 et déjà une nouvelle division s'est effectuée, mais d'une façon aberrante; les nouvelles cloisons, au lieu d'atteindre le sommet de chaque cellule, vont se rejoindre au point où la première division s'était arrêtée. Finalement, comme le montre le groupe de gauche, les séparations s'effectuent et nous avons entre deux grandes cellules deux cellules réduites. Dans cet exemplaire on passe de la longueur de 62 à 57. Remarquons aussi que pour les grandes cellules il y a plutôt rupture de la cloison médiane que simple division. Il ressort de ce cas que le raccourcissement des cellules est dû à un arrêt dans la division longitudinale. Les cellules courtes continuant à se diviser normalement, on aura des formations analogues à celle représentée à la fig. 12.

Fig. 14. — Pêche du 15 février 1919, à la Jetée des Eaux-Vives, Genève.

A gauche et à droite de deux grandes cellules dont une valve au moins est restée intacte, se trouvent des cellules plus courtes. Dans les deux cas précédents la formation des cellules courtes était due à un arrêt de division localisé au sommet de certaines cellules; ici nous avons affaire à deux types de cellules raccour-

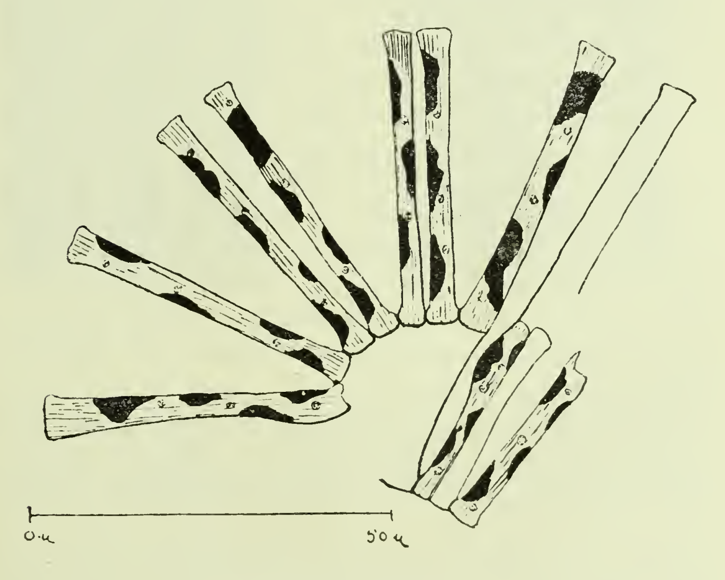


Fig. 14 (d'apres photographie).

cies. Les trois petites cellules de droite (dont l'une a perdu son contenu) sont placées à la base de la grande cellule; la transformation est du même type que dans les deux premiers cas, mais ici elle est fortement exagérée; on passe en effet d'une longueur de 66, qui est celle des deux grandes cellules, à la longueur de 30 pour les trois petites cellules. Le second type est fourni par les 7 cellules de gauche; là, la division anormale a dû se produire à la base de certaine cellule; ce type est donc le complément des précédents; les cellules ainsi formées mesurent 40. Si dans le premier type la conservation de la forme étoilée se comprend aisément vu que la partie basale a été respectée, par contre il est très intéressant de voir se continuer la formation en étoile dans le second type, car elle est ici une néo-formation. Cet exemple tendrait à démontrer que la polarité dans les cellules d'*Asterionella* n'a pas un caractère de fixité absolue; la formation d'*Asterionella* en chaînes zigzagantes en fournissait déjà une preuve jusqu'ici.

L'étude des trois cas ci-dessus nous permet de comprendre facilement comment se produisent ces variations de longueur. Si la cause primordiale de ces phénomènes nous échappe encore, nous en voyons clairement les effets. Nous assistons ainsi à une variation brusque, une véritable mutation; les individus nouveaux sont immédiatement stables; remarquons en passant que ces mutations ont toujours lieu dans le sens d'une réduction de la forme primitive. Par de nouvelles divisions, ces individus réduits donneront naissance à des étoiles plus petites que les formes normales. Ces mutations, quoique peu observées jusqu'ici, devront être prises en considération dans l'explication des variations de longueur dans nos Diatomées planctoniques.

Le phénomène décrit sous le nom de mutasion par O. Müller[1] chez les Melosira me semble assez problématique; il s'agit sans doute de phases évolutives.

Pour terminer avec les cas concernant ces *Asterionella,* je dois dire que par leurs longueurs primitives oscillant de 62 à 66, elles doivent être considérées comme appartenant à l'*Asterio-*

[1] Müller, O. Sprungweise Mutation bei Melosireen. *Ber. d. d. bot. Ges.*, *1903*, t. XXI, p. 326.

nella gracillima, var. *biformis* Lozeron, variété se présentant comme on sait, soit en étoiles, soit en chaînes en zig-zag. Jusqu'ici je n'ai pas observé dans la nature un phénomène semblable se rapportant aux *Fragilaria.* Les exemples qui vont suivre proviennent des cultures dans les solutions Detmer fer au 1/10 sous lumière bleue 60 jours après l'inoculation du

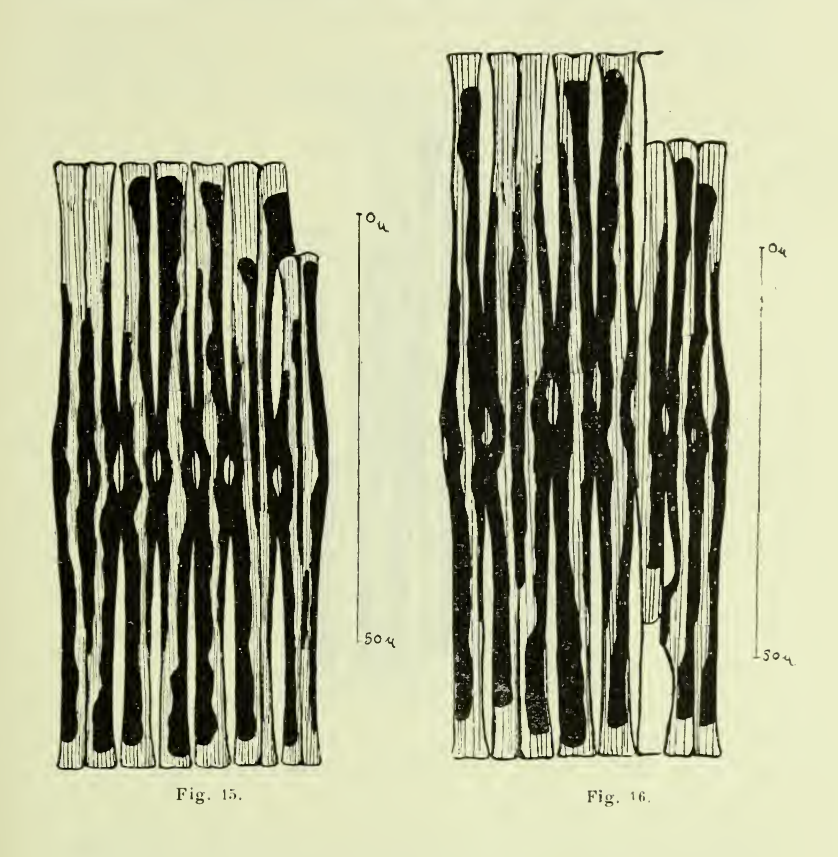


Fig. 15. Fig. 16.

18 décembre 1918 (voir pages 326-331). Les figures 15, 16, 17 ne représentent que les parties intéressantes des bandes de *Fragilaria crotonensis.* Remarquons en premier lieu que les individus réduits sont toujours à l'extrémité d'une bande; je n'ai jamais rencontré jusqu'ici de petites cellules encadrées par des individus normaux comme ce fut le cas pour certaines *Asterionella,* fig. 12 et 13, par exemple.

Fig. 15. — Cet exemplaire du *Fragilaria* est comparable à celui de l'*Asterionella* de la fig. 13 en ce qui concerne le groupe de gauche, mais ici la grande cellule qui devait être à droite s'est complètement détachée. Dans ce cas on passe de la longueur de 70 pour les grandes cellules à 62 pour les cellules réduites.

Fig. 16. — A côté des grandes cellules de 78 on trouve deux

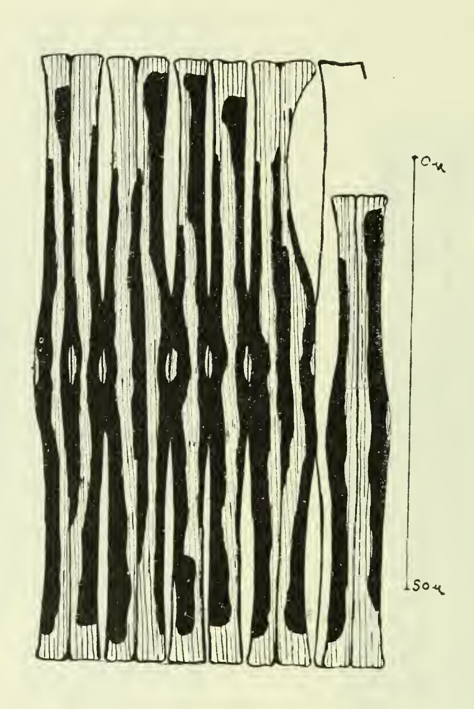


Fig. 17.

cellules de 69, dont l'interne montre une malformation sur une de ses valves. Contre la valve de la cellule qui a donné naissance aux deux individus de 69, s'est formée une autre cellule de 54 qui occupe une situation centrale.

Fig. 17. — Dans cet exemple on passe d'une longueur de 70 à 54. La cellule précédant celle qui a produit les deux petites cellules présente une malformation dans le fait qu'une de ses valves se creuse démesurément.

Comme on le voit, le phénomène étudié chez ces *Fragilaria* est identique à celui décrit pour *Asterionella.* Il est certain que de semblables faits se retrouveront un jour ou l'autre dans la nature pour les *Fragilaria* et pour d'autres genres sans doute. Ainsi ce phénomène de mutation chez les Diatomées planctoniques pourra se généraliser. Ce phénomène est d'autant plus remarquable à constater chez ces algues que jusqu'ici on leur a toujours attribué une fixité presque absolue due en grande partie à leur forte carapace silicifiée.

(A suivre).

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

DES TRAVAUX DE CHIMIE FAITS EN SUISSE

1919

Mars.

29. BAERFUSS (A.). Contribution à l'étude de la formation de l'ammoniaque au moyen de l'arc électrique. Etude spéciale de l'influence de la dépression. *Thèse*. Genève (Prof. Briner).
30. BARAGIOLA (W. I.) und SCHUPPLI (O.). Analysen alter Weine. Wädenswil. Schweiz. Versuchsanstalt. — *Helv*. **2**. 173.
31. BAUR (Eduard). Studien über die Bedeutung der Alkaloide in pharmakognostisch wichtigen Solanaceen, besonders in Atropa Belladonna und Datura Strammonium. *Dissert*. Bern (Dr Tunmann).
32. BECKER (H.) und BISTRZYCKI (A.). Ueber die Produkte der Addition von Benzilsäure an Arylsenföle. Freiburg. I. Chem. Lab. der Univ. — *Helv*. **2**. 111.
33. BETTSCHART (A.) und BISTRZYCKI (A.). Ueber Umlagerungen einiger arylierter oder alkylierter Thiocarbamidsäure-O-ester. Freiburg. I. Chem. Lab. der Univ. — *Helv*. **2**. 118.
34. BRINER (E.). A propos de la formation de l'ammoniaque aux températures élevées. Genève. Lab. de ch. techn. et théor. de l'Univ. — *Helv*. **2**. 162.
35. BRINER (E.) et BAERFUSS (A.). Formation de l'ammoniaque au moyen de l'arc électrique. Etude spéciale de l'influence de la dépression. Genève. Lab. de ch. techn. et théor. de l'Univ. — *J. ch. phys*. **17**. 71.
36. EPHRAIM (Fritz). Zur Kenntnis der chemischen Affinität. Bern. — *Naturwissenschaften* **7**. 49.
37. GUBLER (Hans Walter). Synthese des 2'-4'-Dioxy-2-benzoylcumarons. *Dissert*. Bern (Prof. Tambor).

38. Guye (Ph. A.). Calcul de l'écart à la loi d'Avogadro par la méthode des compressibilités. Application au gaz acide bromhydrique. Genève. Lab. de ch. phys. de l'Univ. — *J. ch. phys.* **17**. 141.
39. Guye (Ph. A.). Revision physicochimique du poids atomique du brome; nécessité de corriger le poids atomique de l'argent. Genève. Lab. de ch. phys. de l'Univ. — *J. ch. phys.* **17**. 171.
40. Herzfeld (E.) und Klinger (R.). Chemische Studien zur Physiologie und Pathologie. Zur Biochemie der Oxydationen. Zürich. Chem. Lab. der med. Klinik und Hygiene-Inst. der Univ. — *Biochem. Zeitschr.* **93**. 324.
41. Kritzmann (Léon). Ueber Salzbildung und Tautomerie bei α-Imidoviolursäure. *Dissert.* Zürich (Dr Lifschitz).
42. Lifschitz (J.) und Beck (Georg). Innere Komplexsalze und konjugierte Salze von Alkalimetallen. Zürich. Chem. Lab. der Univ. — *Helv.* **2**. 133.
43. Meissner (K. W.). Zur Kenntnis des Neonspektrums. Zürich. Physik. Inst. der Univ. — *Ann. der Physik* **58**. 333.
44. Pictet (Amé) et Cramer (Marc). Sur la distillation de l'ovalbumine sous pression réduite. Genève. Lab. ch. org. de l'Univ. — *Helv.* **2**. 188.
45. Ruzicka (L.). Ueber die Herstellung von Polymethylcyclohexenonen des Irontypus. Zürich. Chem. Inst. der Techn. Hochschule. — *Helv.* **2**. 144.
46. Ruzicka (L.) und Fornasir (V.). Ueber die Totalsynthese des Linalools. Zürich. Chem. Inst. der Techn. Hochschule. — *Helv.* **2**. 182.
47. Schuppli (O.). Versuche zur Bestimmung der Milchsäure durch Oxydation. Bern. Chem. Lab. des schweiz. Gesundheitsamtes. — *Mitt. Lebensmittelunters.* **10**. 44.
48. Schweizer (Karl). Note sur la préparation de la glycérine par fermentation. Winterthour. — *Helv.* **2**. 167.
49. Stettbacher (Alfred). Sprengwirkung und chemische Konstitution. Zürich. — *Zeitschr. Schiess-und Sprengstoffe* **13**. 225, 247.
50. Stettbacher (Alfred). Der Wettbewerb zwischen den Dynamiten und den nitroaromatischen Ammonsalpetersprengstoffen in der zukünftigen Zivilsprengtechnik. Zürich. — *Zeitschr. Schiess- und Sprengstoffe* **13**. 465.
51. Stoll (Arthur). Ueber die Assimilation der Kohlensäure. Zürich. — *Vierteljahrsschr. der naturf. Ges. in Zürich* **63**. 512.
52. Tambor (J.) und Gubler (Hans). Ueber die Entstehung von Flavon-oder von Cumaron-Abkömmlingen aus Oxy-chalkonen. Bern. Chem. Lab. der Univ. — *Helv.* **2**. 101.

53. Thöni (J.). Studien über die Ermittlung des Eigehaltes in Nahrungsmitteln auf präzipitometrischem Wege. Bern. Lab. des schweiz. Gesundheitsamtes. — *Mitt. Lebensmittelunters.* **10.** 1.
54. Vautier (E.). Méthode rapide pour la détermination de la graisse dans les farines, le pain, etc. Berne. Lab. du Service suisse de l'hyg. publ. — *Travaux ch. alim.* **10.** 40.
55. Wavre (Bernard). Un cas de combustion lente. Autoxydation de quelques dérivés de l'acide thioncarbonique. Thèse. Neuchâtel (Prof. Billeter).
56. Winterstein (E.). Beiträge zur Kenntnis des Apomorphins. Zürich. Agrik.-chem. Lab. der Techn. Hochschule. — *Schweiz. Apotheker-Zeitung* **57.** 133.
57. Winterstein (E.) und Maxim (M.). Untersuchungen über Saponine. Zürich. Agrik.-chem. Lab. der Techn. Hochschule. — *Helv.* **2**. 195.
58. Winterstein (E.) und Weinhagen (Albert). Beiträge zur Kenntnis der Arekaalkaloide. Ueber Guvacin und Isoguvacin. Zürich. Agrik.-chem. Lab. der Techn. Hochschule. — *Arch. der Pharm.* **257.** 1.
59. Winterstein (Oskar). Ueber Harnstoffbestimmungen mit Xanthydrol. *Dissert.* Zürich (D[r] Herzfeld).
60. Wutke (Caesar). Ueber Metallammoniake mit Diaminen. *Dissert.* Zürich (Prof. Werner.)

Avril.

61. Ambühl (G.) und Weiss (H.). Zwei Beiträge zur Milchuntersuchung. St-Gallen. Kantonales Lab. — *Mitt. Lebensmittelunters.* **10.** 53.
62. Baur (Emil). Ueber die Beziehungen zwischen Elektrolyse und Photolyse und über die elektrolytische Nichtumkehrbarkeit. Zürich. Elektrochem. Lab. der Techn. Hochschule. — *Zeitschr. Elektroch.* **25.** 102.
63. Baur (Emil). Notiz zur Theorie des Muskelmotors. Zürich. — *Biochem. Zeitschr.* **94.** 44.
64. Chodat (R.). Ferments et médicaments. Genève. Univ. — *J. suisse de pharm.* **57.** 137.
65. Cramer (Marc). Sur la distillation de l'ovalbumine sous pression réduite. *Thèse.* Genève (Prof. Pictet).
66. Herzfeld (E.) und Klinger (R.). Chemische Studien zur Physiologie und Pathologie. Die Muskelcontraction. Zürich. Chem. Lab. der med. Klinik und Hygiene-Inst. der Univ. — *Biochem. Zeitschr.* **94.** 1.

67. Huber (Max). Einleitung und Grundlagen zur Chemie (Zürich) Burgdorf.
68. Imhof (A.). Zur Theorie der Triboluminescenz. Zürich. — *Physikal. Zeitschr.* **20**. 131.
69. Merki (W.). Sur un mode de formation de l'acide 2,2'-dichloro-6,6'-azo-benzoïque. *Thèse.* Genève (D[r] Reich).
70. Orékhoff (A.). Recherches sur les transpositions moléculaires chez les α-glycols. Genève. Univ. Lab. de M. le prof. Guye. — *Bull. de la Soc. chimique* **25**. 9. 108. 111. 115. 174. 179. 182. 186.
71. Redonnet (Tomas Alday). Beiträge zur Theorie der Narkose. Zürich. Pharm. Inst. — *Arch. exper. Pathol.* **84**. 339.
72. Reich (S.) und Nicolaeva (V.). Cyclisation par élimination d'un groupe nitro. Genève. Lab. de ch. org. de l'Univ. — *Bull. de la Soc. chimique* **25**. 190.
73. Winterstein (E.). Ueber eine einfache Darstellung von Rohrzucker aus pflanzlichen Objekten. Zürich. Agrik.-chem. Lab. der Techn. Hochschule. — *Zeitschr. physiol. Ch.* **104**. 217.
74. Wünsche (F.). Eine Methode zur Bestimmung von Brom. Zürich. Pharm. Inst. — *Arch. exper. Pathol.* **84**. 328.

Mai.

75. Bamberger (Heinr.). Die künstlichen Gerbstoffe. Basel. — *Chem.-Zeitung.* **43**. 318.
76. Brunner (E.). Einfluss verschiedener Ammoniumsalze auf die Fällung von Magnesiumhydroxyd. Basel. Anorg. Abt. der chem. Anstalt. — *Helv.* **2**. 277.
77. Ephraim (Fritz). Ueber die Natur der Nebenvalenzen. Thermischer Abbau von Ammoniakaten des Kupfers. Bern. Anorg. Lab. der Univ. — *Berichte* **52**. 940.
78. Ephraim (Fritz). Ueber die Natur der Nebenvalenzen. Thermischer Abbau von Ammoniakaten des Zinks. Bern. Anorg. Lab. der Univ. — *Berichte* **52**. 957.
79. Ephraim (Fritz) und Michel (Eduard). Ueber Regelmässigkeiten in der Grösse der Molekularvolumina. Bern. Anorg. Lab. der Univ. — *Helv.* **2**. 266.
80 Feyer (Josef). Die elektrolytische Chloroformdarstellung Zürich. Elektroch. Lab der Techn. Hochschule — *Zeitschr. Elektroch.* **25**. 115.
81. Karrer (P.), Nägeli (C.) und Weidmann (H.). Synthetische Glucoside und ein Beitrag zur Konstitution innerer Komplexsalze. Zürich. Chem. Lab. der Univ. — *Helv.* **2**. 242.

82. Naville (Ph.). Contribution à l'étude de l'action de la dépression sur la formation de l'oxyde d'azote au moyen de l'arc électrique. *Thèse*. Genève (Prof. Briner).

83. Rupe (Hans) und Akermann (Arthur). Die Reduktionsprodukte des Oxymethylencamphers. Ueber den Mechanismus der Hydrierung des Oxymethylencamphers mit Wasserstoff und Nickel. Basel. Organ. Abt. der chem. Anstalt. — *Helv.* **2**. 205.

84. Rupe (Hans) und Akermann (Arthur). Die Reduktionsprodukte des Oxymethylencamphers. Neue Reaktionen des Methylencamphers. Basel. Organ. Abt. der chem. Anstalt. — *Helv.* **2**. 221.

85. Sandmeyer (T.). Ueber Isonitrosoacetanilide und deren Kondensation zu Isatinen. Basel. Lab. der Anilinfarbenfabrik J. R. Geigy. — *Helv.* **2**. 234.

86. Stettbacher (Alfred). Magnesiazement-Plastik. Schwamendingen. — *Schweiz. Chem.-Zeitung* **1919**. 198.

87. Tsakalotos (A. E.). Sind die mydriatischen Alkaloide der Belladonnawurzel bei Gegenwart von Alkohol mit Wasserdämpfen flüchtig? Bern. Pharm. Inst. der Univ. — *Schweiz. Apotheker-Zeitung* **57**. 291.

88. Tsakalotos (A. E.). Ueber den Gehalt der Blätter und Blattstiele von Rheum undulatum an wasserlöslichen Oxalaten. Bern. Pharm. Inst. der Univ. — *Schweiz. Apotheker-Zeitung* **57**. 303.

89. Winterstein (E.). Ueber die Konstitution des Surinamins. Zürich. Agrik.-chem. Lab. der Techn. Hochschule. — *Zeitschr. physiol. Ch.* **105**. 20.

90. Winterstein (E.). Ueber die Bestandteile des Emmentalerkäses. Zürich. Agrik.-chem. Lab. der Techn. Hochschule. — *Zeitschr. physiol. Ch.* **105**. 25.

91. Winterstein (E.). Ueber einen Bestandteil des Fettes von Bassia longifolia und Bassia latifolia. Zürich. Agrik.-chem. Lab. der Techn. Hochschule. — *Zeitschr. physiol. Ch.* **105**. 30.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

Norman-Robert Campbell. — La théorie électrique moderne (théorie électronique). Ouvrage traduit par A. Corvisy sur la deuxième édition anglaise. (Edit. A. Hermann, Paris).

L'importance que prend dans l'évolution de la physique moderne la théorie électronique est chaque jour plus grande. Aussi l'apparition de la traduction française du livre de M. Campbell, sur la théorie électrique moderne sera-t-elle saluée avec satisfaction par tous ceux qui désirent se rendre compte du domaine toujours plus vaste qu'embrassent les nouvelles conceptions. — Bien que débarrassé autant que possible des longues démonstrations mathématiques qui sont à la base de la théorie électromagnétique. ce livre n'est nullement une œuvre de vulgarisation. Il suppose, chez le lecteur, pour que sa lecture en soit fructueuse, la connaissance du calcul et des bases fondamentales sur lesquelles reposent les diverses théories qui sont exposées. Mais, sous une forme relativement simple, il a l'avantage de donner une idée d'ensemble des modifications profondes que la notion de charge discontiuue a introduites dans les divers domaines de la physique. Comme le dit d'ailleurs le traducteur dans sa préface il faudra se décider un jour dans l'enseignement de la physique à classer les phénomènes d'après leur réalité objective et leur nature intime et non d'après leur action sur nos divers organes sensoriels. Sous ce rapport le livre de M. Campbell nous paraît de nature à préparer cette transition.

Nous ne pouvons, dans une aussi brève analyse, passer en revue les divers domaines dans lesquels intervient à l'heure actuelle la théorie électronique. Nous nous bornerous à rappeler que l'ouvrage comporte trois parties. La première est consacrée à la théorie électronique proprement dite. L'auteur après avoir récapitulé les propriétés de l'électricité et introduit la notion de charge discontinue, y traite

des diélectriques, de la conductibilité électrolytique et métallique, de celle des gaz ainsi que de la susceptibilité magnétique et magnéto-optique. — La seconde partie traite du rayonnement sous ses diverses formes, dans la théorie des quanta. Les rayons X et les rayons γ y font l'objet d'une étude particulièrement actuelle, appuyée sur les expériences de Barkla et de Bragg. — Enfin la troisième partie est consacrée aux relations si délicates entre la matière et l'électricité, la structure de l'atome, les propriétés des systèmes en mouvement et un court exposé du principe de relativité.

C. E. G.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

JUIN 1919

Le 1, halo solaire à 10 h. 45, brise du lac de 15 à 17 h.

La dernière tache de neige a disparu sur le Salève.

2, brise du lac de 11 à 19 h.
3, brise du lac de 10 à 15 h.
4, forte bise toute la journée.
5, petite pluie à 8 h. 10 et à 13 h. 30, de 15 à 17 h. et à 21 h. 30.
7, brise du lac de 10 h. 30 à 17 h.
les 8 et 9, brise du lac de 10 à 20 h.
le 10, forte bise de 11 à 19 h.
11, brise du lac de 10 à 19 h., éclairs au SW à 21 h.
12, vent fort de 11 à 18 h., petite pluie de 20 à 22 h.
les 14, 15 et 16, brise du lac de 11 à 19 h.
le 16, orage à 19 h, 15, pluie de 19 à 20 h.
17, orage à 18 h., pluie de 19 à 20 h.
18, orage à 15 h. 35 et 19 h. 10, pluie à 16 h. 45 et de 19 à 20 h.
19, orage au SW à 12 h. 25 et à l'W à 14 h. 30.
21, pluie de 18 à 20 h.
22, forte bise de 10 à 19 h.
24, petite pluie dans la soirée et dans la nuit.
25, pluie de 10 à 11 h., de 16 h. 40 à 22 h. 30 et dans la nuit.
les 26 et 27, pluie intermittente toute la journée.
le 28, brise du lac de 11 à 20 h.
30, vent fort de 10 h. 30 à 16 h.

GENÈVE — JUIN 1919

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 8 obs.	Écart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 ½	13 ½	21 ½	Dominant	V. moy. km/h.	Nébulosité 7 ½	13 ½	21 ½	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Nomb. d'heur.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm										h	mm	
1	27.6	26.1	25.4	26.44	+ 0.15	24.7	27.8	SSW 0	NNE 1	NNE 1	NNE 1	5.8	0	4	2	4	12.2	....	...
2	24.9	24.0	25.0	24.58	− 1.75	23.5	25.4	SW 0	NNE 1	NNE 0	NNE 1	5.0	2	8	0	4	8.1	....	....
3	26.8	26.2	26.4	26.31	− 0.07	25.7	27.0	SSW 0	NNE 1	NNE 1	NNE 1	5.2	0	2	4	3	12.7	....	....
4	27.2	26.3	27.5	26.84	+ 0.42	25.5	27.8	NNE 2	NNE 2	NNE 1	NNE 2	**21.8**	7	0	0	1	12.2	....	....
5	27.8	27.9	28.3	27.99	+ 1.53	27.6	28.7	SSW 0	SE 0	SE 0	calme	0.8	9	10	10	9	0.0	3.4	3
6	30.1	30.7	31.6	30.35	+ 3.85	28.7	31.7	SSW 0	NNE 1	NE 1	NNE 1	8.8	9	3	1	3	11.5	....	....
7	31.9	30.6	30.3	30.91	+ 4.37	29.6	31.9	SE 0	NNE 1	SSW 0	NNE 1	5.3	0	0	0	1	14.2	....	....
8	31.6	30.9	31.7	31.14	+ 4.56	30.2	32.4	SSW 0	NNW 1	NW 0	calme	1.4	0	0	0	0	**14.7**	....	....
9	33.9	33.4	35.0	33.64	+ 7.02	32.4	35.5	W 0	NNE 1	NNE 1	calme	1.0	1	3	3	3	13.1	....	...
10	36.1	35.4	35.3	**35.47**	**+ 8.81**	34.5	**36.4**	NNW 0	NNE 2	NE 0	NNE 1	7.9	2	0	0	0	14.2	....	....
11	35.3	33.7	32.3	33.75	+ 7.05	31.4	35.3	NNE 1	NNE 1	NNW 1	NNE 1	4.0	0	0	7	3	10.8	....	..
12	32.1	31.4	34.0	32.15	+ 5.41	30.4	34.2	N 0	SW 2	NW 1	SW 1	8.7	0	3	10	4	10.4	0.6	2
13	32.7	32.5	32.7	32.67	+ 5.89	31.4	34.0	NE 0	SSW 1	NNW 1	var.	4.0	8	8	0	5	7.3	....	....
14	32.8	31.0	30.3	31.45	+ 4.66	29.6	32.8	NW 1	NNE 1	NNE 1	NNE 1	2.7	0	0	0	0	14.5	...	....
15	30.5	29.4	29.5	29.75	+ 2.90	28.3	30.6	NNE 1	NNE 1	SW 1	NNE 1	9.2	1	3	2	2	13.5	....	....
16	30.9	29.8	30.9	30.05	+ 3.16	28.0	31.1	W 1	NNE 1	S 1	NNE 1	5.3	0	0	10	3	13.1	0.7	1
17	31.5	29.9	31.7	30.36	+ 3.44	28.1	31.7	SSW 1	NNE 1	SSW 1	SSW 1	6.8	0	0	10	3	12.9	2.6	1
18	31.1	29.6	32.2	30.85	+ 3.89	29.4	32.3	S 0	W 1	SE 1	var.	3.6	0	2	10	5	10.0	1.6	1
19	31.5	30.4	30.4	30.78	+ 3.79	29.6	31.7	E 0	NNE 1	SW 0	calme	0.9	0	1	0	2	9.2	...	....
20	30.5	29.2	29.2	29.64	+ 2.61	28.3	30.5	NW 1	NW 1	NNE 1	NW 1	3.7	0	1	1	3	11.6	...	....
21	30.3	29.9	33.1	30.60	+ 3.54	29.4	33.8	SSW 0	SSW 1	SE 1	SSW 1	4.8	8	3	9	7	8.6	0.8	2
22	34.6	33.4	31.6	33.19	+ 6.10	31.4	34.8	NNE 1	NNE 2	NNW 1	NNE 1	8.7	1	1	0	1	13.7	....	....
23	30.8	29.1	28.8	29.82	+ 2.70	28.3	31.8	SSE 0	E 0	SW 1	calme	1.2	0	0	0	0	14.1	....	....
24	28.2	29.1	30.0	29.16	+ 2.00	28.0	30.2	W 1	NW 2	SE 1	var.	7.5	9	3	10	7	5.0	1.5	2
25	28.4	26.3	22.2	26.33	− 0.86	20.6	30.1	SSW 1	SSW 2	NE 1	SSW 1	6.7	3	9	10	9	2.8	**26.5**	**15**
26	19.2	22.9	26.1	**22.32**	**− 4.90**	**18.4**	27.8	NNE 1	SSW 0	SE 0	calme	1.6	9	10	10	9	0.0	4.0	6
27	28.2	29.9	32.2	29.72	+ 2.47	27.8	32.8	SSE 0	SSW 1	NW 1	SSW 1	4.2	8	3	5	6	8.7	0.1	1
28	33.5	32.9	32.4	32.82	+ 5.54	32.1	33.6	SSW 0	NNE 1	NNE 1	NNE 1	6.6	8	1	0	2	13.2	...	....
29	31.0	29.1	26.4	29.44	+ 2.14	26.0	32.2	W 1	SW 1	SSW 1	SSW 1	7.1	1	3	9	5	12.6	....	....
30	26.3	26.0	25.1	25.72	− 1.61	24.9	26.6	SW 1	W 2	SW 1	SW 1	13.7	9	1	1	2	11.0	...	....
Mois	30.24	29.57	29.92	29.81	+ 2.62							5.77	3.2	2.7	4.1	3.5	315.9	41.8	34

Jour du mois	Température							Fraction de saturation en 0/0							Tempér. du Rhône		Limnimètre
	7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 8 obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 8 obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	Midi	Ecart av. la norm.	
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm
1	14.6	20.0	18.4	16.26	+ 0.92	10.8	23.0	86	53	67	71	+ 1	50	88	—	—	1305
2	16.0	21.8	18.5	18.07	+ 2.61	11.5	23.5	80	53	54	62	− 8	42	86	16.2	+2.4	1335
3	14.7	19.5	13.3	15.64	+ 0.06	10.4	21.9	77	37	55	57	−13	33	81	16.8	+2 9	1345
4	10.4	16.4	13.6	13.24	− 2.46	8.0	18.2	58	37	57	51	−19	27	68	16.9	+2.8	1365
5	10.8	14.2	11.3	11.81	− 4.01	6 8	14.5	68	64	91	76	+ 6	61	94	16.5	+2.3	1355
6	12.3	18.7	17.2	15.23	− 0.71	10.2	20 7	92	62	56	73	+ 3	50	94	15 6	+1.3	1365
7	15.2	22.4	18 0	17.68	+ 1.62	9.8	24.7	76	43	70	62	− 8	38	82	15.8	+1.4	1375
8	17.2	24.1	20.0	19.12	+ 2.95	11.7	25.8	70	46	60	61	− 9	36	80	—	—	1385
9	17.4	25.1	21.9	20.09	+ 3.81	12.0	27 3	68	40	64	61	− 9	38	81	16.5	+1.9	1415
10	18.8	25.6	20.5	20.70	+ 4.31	15.0	27.4	75	45	67	66	− 4	42	86	18.2	+3.4	1445
11	18.4	24.4	21.6	20.69	+ 4.19	15.5	27.3	73	50	68	65	− 5	45	80	18.6	+3.7	1460
12	20.6	29.7	20.0	**22.91**	+ **6.30**	16.5	30 4	70	30	65	57	− 3	28	87	18.7	+3.7	1495
13	18.2	22.6	18.5	19.45	+ 2.74	16.2	25.3	90	55	48	68	− 2	37	91	18.8	+3.7	1515
14	15.5	22.4	18.5	18.06	+ 1.24	11.0	24.4	65	43	58	58	−12	38	75	19.0	+3.8	1540
15	15.6	23.0	19.0	18.36	+ 1.44	14.0	24.3	62	49	45	54	−16	32	67	—	—	1695
16	16.8	22.1	19.4	19.00	+ 1.98	12.0	25.5	55	48	72	56	−14	40	81	19.0	+3.6	1740
17	18.2	24.6	17.2	20.49	+ 3.38	14 0	27.1	75	47	67	65	− 5	34	90	17.7	+2.2	1725
18	18.0	27.1	17.1	19.74	+ 2.53	14.0	29 2	80	39	89	73	+ 3	37	91	17.9	+2.3	1790
19	16.6	23.2	19.3	19.08	+ 1.78	13.0	24.8	80	48	81	73	+ 3	41	92	16.3	+0.6	1810
20	17.2	27.0	21.4	21.16	+ 3.77	14.0	**30.6**	80	52	70	69	− 1	34	95	16.5	+0.7	1860
21	19.2	29.1	19.0	21.83	+ 4.35	15.8	30.3	76	34	81	65	− 5	31	88	18.5	+2.5	1910
22	16.6	19.0	17.8	18.01	+ 0.44	15.0	22.3	63	46	56	62	− 8	44	82	—	—	1915
23	16.6	24.2	17.8	18.61	+ 0.96	11 8	26.6	64	28	46	**47**	**−23**	**23**	76	18.7	+2.6	1975
24	16.0	17.5	11.4	14 60	− 3.13	9.8	19.0	57	40	70	56	−14	38	82	18.4	+2.2	1965
25	12 6	14.3	8.4	10.64	− 7.17	7.5	15.2	57	48	94	74	+ 4	44	98	10.0	−6.3	1980
26	7.6	9.6	9.0	**8 72**	− **9.16**	7.0	11.6	96	76	84	**88**	**+18**	72	**99**	8.3	−8.1	1975
27	10.4	14.2	11.6	11.28	− 6.68	6.3	15.9	85	57	70	70	0	50	95	9.2	−7.3	1985
28	10.8	16.4	14.5	12.72	− 5.31	**6.0**	18.3	80	39	67	66	− 4	36	91	9.2	−7.4	1975
29	12.6	21.8	19.5	16.19	− 1.90	7.8	23.1	74	45	53	62	− 8	43	90	—	—	1915
30	14.4	18.0	13.8	15.63	− 2.53	12.8	19.5	70	38	57	54	−16	34	80	8.8	−8.0	1955
Mois	15.31	21.27	16.92	17.17	+ 0.36	11.54	23.22	73	46	66	64	− 6			15.84	+0.50	1666

MOYENNES DE GENÈVE — JUIN 1919

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700 +

Heure	1 ½	4 ½	7 ½	10 ½	13 ½	16 ½	19 ½	22 ½	Moyenne
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	29.29	29.40	29.78	29.80	29.14	28 70	28 91	29.90	29.37
2e »	31.82	31.64	31.89	31.61	30.70	29.74	30.28	31.47	31.14
3e »	29.30	28.86	29.05	29.23	28.86	28.55	28.53	28.92	28.91
Mois	30.14	29.97	30.24	30.22	29 57	29.00	29.24	30.10	29.81

Température

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	13.45	10.92	14.74	17.49	20.78	21.10	19.55	16.24	16.78
2e »	16.09	14.39	17.51	21.06	24.61	25.23	22.01	18.25	19.89
3e »	12.28	10.95	13.68	16.27	18.41	18.26	15.32	13.41	14.82
Mois	13.94	12 09	15.31	18.27	21.27	21.53	18.96	15.97	17.17

Fraction de saturation en %

1re déc.	75	80	75	63	48	48	55	67	64
2e »	77	81	73	59	46	44	56	73	64
3e »	77	81	72	55	45	49	65	71	64
Mois	76	81	73	59	46	47	59	70	64

Dans ce mois l'air a été calme 289 fois sur 1000

Le rapport des vents $\frac{NNE}{SSW} = \frac{84}{39} = 2.15$

Moyennes des 3 observations (7 ½, 13 ½, 21 ½)

	mm
Pression atmosphérique. . . .	29.91
Nébulosité	3.3
Temp. $\frac{7\frac{1}{2} + 13\frac{1}{2} + 21\frac{1}{2}}{3}$ . . .	17°.83
Temp. $\frac{7\frac{1}{2} + 13\frac{1}{2} + 2 \times 21\frac{1}{2}}{4}$.	17°.60
Fraction de saturation.	62 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

		mm
Press. atmosphérique .	(1836-1875)	27.19
Nébulosité	(1847-1875)	5.4
Hauteur de pluie . .	(1826-1875)	76.0
Nombre de jours de pluie	»	11
Temp. moyenne. . .	»	16°.81
Fract. de saturation	(1849-1875)	70 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	Céligny	Collex	Chambésy	Châtelaine	Satigny	Athenaz	Compesières
Hauteur d'eau en mm	52.3	47.2	45.7	47.7	60.5	44.8	38.3

Station	Veyrier	Observatoire	Cologny	Puplinge	Jussy	Hermance
Hauteur d'eau en mm	44.1	41.8	45 6	?	56.9	44.8

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS DE

JUIN 1919

Les 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 22, 25, 26 et 27 brouillard une partie de la journée.
les 5, 6, 24, 26 et 27, forte bise.

GRAND SAINT-BERNARD — JUIN 1919

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm +					Barographe		Vent				Nébulosité			
	7 1/2	13 1/2	21 1/2	Moyenne 3 obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	7 1/2	13 1/2	21 1/2	Dominant	7 1/2	13 1/2	21 1/2	Moyenne 3 obs.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm								
1	67.6	68.0	67.9	67.8	+ 2.1	67.3	68.2	SW 1	SW 1	SW 1	SW 1	8	10	9	9
2	65.8	66.2	66.6	66.2	+ 0.4	65.5	66.7	SW 0	NE 1	NE 1	NE 1	3	9	10	7
3	65 6	65.0	64.6	65.1	− 0.8	64.4	66.0	NE 1	NE 1	NE 1	NE 1	8	9	10	9
4	63 6	64.8	65.4	64.6	− 1.3	63.5	65.6	NE 1	NE 1	NE 1	NE 1	10	8	10	9
5	64 6	65.0	65.6	65 1	− 0.9	64.6	66.7	NE 2	NE 3	NE 3	NE 3	3	10	10	8
6	67.6	68.9	70.6	69.0	+ 2.9	65 7	70.8	NE 3	NE 2	NE 1	NE 2	10	4	10	8
7	71.0	71.2	71.7	71.3	+ 5.1	70.6	71.8	SW 1	NE 0	NE 1	var.	0	0	10	3
8	71.6	72.5	73.9	72.7	+ 6.4	71.2	74.0	NE 1	NE 0	NE 0	NE 1	6	3	0	3
9	74.6	74.8	75.9	75.1	+ 8.8	74.0	76.2	NE 0	NE 1	NE 1	NE 1	2	8	10	7
10	75.8	76.6	76.9	**76 4**	**+10.0**	75.6	**77.2**	NE 0	NE 1	NE 1	NE 1	2	1	10	4
11	75.6	76.0	75.8	75.8	+ 9.3	75.4	76 8	NE 0	NE 0	SW 1	SW 1	0	2	10	4
12	74.7	73.6	73.3	73.9	+ 7.3	73.0	75.4	SW 1	SW 0	SW 1	SW 1	10	5	6	7
13	72.8	72.8	72.7	72.8	+ 6 1	72.5	73.1	SW 0	NE 1	NE 1	NE 1	7	5	10	7
14	71.7	71.6	71.3	71.5	+ 4.8	71.1	72.5	NE 0	NE 1	NE 0	NE 1	0	0	0	0
15	70.6	70.9	71 3	70.9	+ 4 1	70.5	71.6	NE 0	NE 1	NE 0	NE 1	0	2	0	1
16	72.6	72.8	72.8	72.7	+ 5.8	71.6	72.8	NE 0	SW 0	SW 1	SW 1	0	4	9	4
17	72.7	72.8	72.7	72.7	+ 5.7	72.5	72.9	NE 0	NE 1	SW 1	var.	0	2	2	1
18	72.2	71.7	72 6	72.2	+ 5.2	71.6	72.8	NE 0	SW 1	SW 1	SW 1	4	4	10	6
19	71.7	72.0	72.2	72.0	+ 4 9	71.3	72.3	NE 1	NE 1	SW 1	NE 1	9	10	2	7
20	71.2	72.3	72.5	72.0	+ 4.8	71.0	72.8	NE 0	SW 1	NE 1	var.	0	4	2	2
21	73.3	73.1	73 1	73.2	+ 6.0	72.6	73.3	NE 0	SW 1	SW 1	SW 1	1	3	10	5
22	72.0	72.4	71.8	72.1	+ 4.8	71.6	73 0	NE 1	NE 0	NE 0	NE 1	10	1	0	4
23	70.0	69.8	68.9	69 6	+ 2.2	68.6	71.8	SW 0	NE 1	NE 1	NE 1	1	5	1	2
24	67.0	65.0	64 7	65.6	− 1.8	64.6	68.6	NE 0	NE 0	NE 4	NE 4	5	8	10	8.
25	64.1	63.2	61.0	62.8	− 4.7	60.4	64.8	NE 1	NE 0	SW 1	var.	10	10	10	10
26	57 1	56.8	60.6	**58.2**	**− 9.3**	**56.3**	61.0	SW 1	NE 4	NE 4	NE 4	10	10	10	10
27	62.4	67.4	67.9	65.9	− 1.7	61.0	68.3	NE 4	NE 2	NE 1	NE 2	10	2	10	7
28	68.8	69.7	70.0	69 5	+ 1.8	68.1	70.1	NE 1	NE 2	NE 2	NE 2	5	3	0	3
29	68.6	68.5	67.0	68 0	+ 0.3	66.6	70.0	NE 1	NE 1	NE 1	NE 1	0	2	6	3
30	64.0	64.0	63.8	63.9	− 3.9	63.5	66.6	NE 1	NE 1	NE 0	NE 1	10	4	0	5
Mois	69.36	69.65	69.84	69.62	+ 2.51							4.8	4.9	6.6	5.4

Jour du mois	Température							Fraction de saturation en %						Pluie et Neige			
	7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 3 obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 3 obs.	Min.	Max.	Ancien pluv. Pluie	Ancien pluv. Neige	Nouv. pluv. Pluie	Nouv. pluv. Neige
	°	°	°	°	°	°	°							mm	cm	mm	cm
1	2.0	3.9	2.8	2.9	+ 0.2	1.6	5 2	100	78	94	91	69	100	....	....	....	....
2	2.4	10.2	2.8	5.1	+ 2.3	1.2	10.4	80	56	100	79	53	100	....	....	....	....
3	2.0	5.6	− 0.2	2.5	− 0.4	− 0.8	6.2	91	72	100	88	67	100	....	....	..	....
4	− 2.4	2.6	− 0.8	− 0.3	− 3.3	− 2.5	3.0	100	70	99	89	68	100	....	....	....	....
5	− 0.6	0.4	0.0	− 0.1	− 3.2	− 0.8	1.4	75	99	100	91	63	100	4.8	....	14.0	....
6	0.0	4.0	2.2	2.1	− 1.1	0.0	6.2	100	73	99	91	58	100	...	....	...	...
7	3.2	10.0	4.4	5.9	+ 2.6	2.0	12 6	66	52	100	73	48	100	....	....	...	....
8	4.0	9.4	5.8	6.4	+ 3.0	3.8	12.3	90	60	91	80	54	97	....	....	....	....
9	5.4	10.0	6.0	7.1	+ 3.6	5.2	10.4	85	62	99	82	59	100	....	....	....	....
10	5.4	10.6	7.6	7.9	+ 4.3	5.1	12.2	86	65	97	83	53	99	....	....	....	...
11	7.4	12.0	8.4	9.3	+ **5.6**	7.2	14.2	81	62	95	79	49	100	....	....	....	....
12	6.4	9.9	7.0	7.8	+ 4.0	6.3	14.1	91	57	83	77	42	100	....	...	...	....
13	6.3	10 4	4.8	7.2	+ 3.3	3.8	11.6	82	70	95	82	64	98	....	....	....	....
14	4.6	9.0	5.2	6.3	+ 2.0	3.0	10 0	70	60	89	73	51	97	....	....	....	....
15	6.4	12.0	7.0	8.5	+ 4.4	4.6	13.1	80	57	81	73	53	85	....	....	....	....
16	6.0	11.6	7.0	8.2	+ 4.0	5.8	12.4	87	60	98	82	51	99	...	....	....	....
17	8.0	13.0	8.0	**9.7**	+ 5.4	5.0	14.3	74	50	71	65	44	99	..	....	....	....
18	6.0	11.3	4.1	7.1	+ 2.7	5.2	11.7	87	62	94	81	57	98	6.8	....	8.3	....
19	5.2	12.5	5.0	7.5	+ 3.0	3.8	13.0	80	64	90	78	60	94	....	....	....	....
20	6.2	11.5	7.6	8.4	+ 3.8	4.5	14.0	74	63	91	76	52	94	....	....	....	...
21	7.6	13.0	6.8	9.1	+ 4.4	7.0	**14.4**	67	45	79	64	39	100	3 5	....	4.0	....
22	4.0	9.0	7.0	6.7	+ 2.0	3.8	10.4	100	70	85	85	58	100	....	....	....	...
23	8.2	8.6	3.2	6.7	+ 1.9	2.2	9.5	80	85	90	85	56	93	....	....	....	...
24	2.4	3.0	− 3.3	0.7	− 4.2	− 3.5	3.8	72	77	100	83	58	100	2.6	3	10.4	8
25	− 3.2	2.0	− 1.2	− 0.8	− 5.8	− 3.8	3.5	100	79	96	92	66	100	19.0	26	22.5	34
26	− 1.6	− 3.4	− 5.2	− **3.4**	− **8.4**	− 5.5	− 1.3	100	98	99	**99**	78	100	9.1	5	18.2	11
27	− 4.6	− 1.8	− 3.2	− 3.2	− 8.3	− **5.8**	− 1 0	98	90	100	96	74	100	....	....	....	....
28	− 3.3	2.4	0.0	− 0.3	− 5.5	− 3 8	4.8	94	72	95	87	53	98	....	....	....	....
29	3.6	10.2	4.6	6.1	+ 0.8	0.0	12.4	49	57	59	**55**	**37**	76	14 0	....	20.0	....
30	1.2	4.2	0 6	2.0	− 3.3	0.2	6.5	100	80	94	91	68	100	....	....	....	....
Mois	3.27	7.57	3.47	4.77	+0.68	1.83	9.04	85	68	92	82			59.8	34	97.4	53

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD — JUIN 1919

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — 0mm.22. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500mm + | Fraction de saturation en %

Heure	7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne	7 ½	13 ½	21 ½	Moy.
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	68.78	69.30	69.91	69.33	87	69	98	85
2e »	72.58	72.65	72.72	72.65	81	60	89	77
3e »	66.73	66.99	66.88	66.88	86	75	90	84
Mois	69.36	69.65	69.84	69.62	85	68	92	82

Température

Heure	7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne $\frac{7\frac{1}{2}+13\frac{1}{2}+21\frac{1}{2}}{3}$	Moyenne $\frac{7\frac{1}{2}+13\frac{1}{2}+2\times21\frac{1}{2}}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	2.14	6 67	3.06	3.96	3.73
2e »	6.25	11.32	6.41	7.99	7.60
3e »	1.43	4.72	0.93	2.36	2.00
Mois	3.27	7.57	3.47	4.77	4.44

Dans ce mois l'air a été calme 289 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{70}{17} = 4.12$

Pluie et neige dans le Val d'Entremont

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	Grand St-Bernard Anc. P.	Grand St-Bernard Nouv. P.
Eau en mm . .	54.5	72.4	59.6	59.8	97.4
Neige en cm . .	0	0	0	34	53

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

JUILLET 1919

Le 1, vent fort de 13 à 22 h., pluie dans la nuit.
2, orage à 16 h. 30, pluie dans la nuit.
4, orage à 19 h. 20, pluie de 20 à 21 h. et dans la nuit.
5, orage et pluie à 20 h. et 20 h. 45, pluie dans la nuit.
6, orage à 18 h. 15, pluie de 19 à 20 h., de 21 h. à 22 h. 30 et dans la nuit, arc-en-ciel à 20 h.
7, orage à 18 h. 30 et à 22 h., pluie de 21 h. 40 à 22 h. 30 et dans la nuit. Dans la partie orientale du canton, cet orage a été accompagné de *grêle*. D'après les indications de plusieurs observateurs et surtout de M. Jules Micheli à Jussy, la colonne de grêle a suivi la direction sud-nord, passant, dans le canton, sur Veyrier, Troinex, Chêne-Bourg, Puplinge, Jussy, Gy; Vandœuvres et Cologny ont aussi reçu des grêlons mélangés de pluie.

A Jussy la chute de grêle a commencé à 22 h. 45 et a duré 5 à 6 minutes ; la grêle était absolument sèche ; les grêlons, en forme de disques, mesuraient plusieurs cm de diamètre et pesaient de 20 à 40 grammes ; la largeur de la colonne était de 1800 à 2000 m. Beaucoup de dégats aux récoltes (vignes, céréales, arbres fruitiers) : 50 $^0/_0$ en moyenne.

8, orage à 9 h. 45, pluie de 10 h. à 12 h. 20, de 16 h. 15 à 22 h. 30 et dans la nuit.
10, brise du lac de 9 à 21 h.
13, brise du lac de 12 à 19 h.
15, pluie de 12 à 22 h. et dans la nuit.
16, forte bise de 10 à 19 h.
18, rosée le matin.
19, orage à 19 h. 15, pluie dans la nuit.
20, orage à 13 h. 30 et 16 h. 30, pluie de 8 à 11 h. 30 et de 15 h. 30 à 22 h.
22, rosée le matin, pluie dans la nuit.
23, petite pluie de 15 h. 10 à 16 h. et dans la nuit.
24, pluie intermittente toute la journée.
26, brise du lac de 9 à 19 h.
27, forte rosée le matin, brise du lac de 10 à 20 h.
28, forte rosée le matin, brise du lac de 11 à 20 h.
29, rosée le matin, brise du lac de 10 à 19 h.
30, brise du lac de 10 à 17 h.
31, brise du lac de 10 à 16 h.

Remarque. — Juillet 1919 est, au point de vue de la *température, le mois de juillet le plus froid* de la série genevoise de 1826 à 1919. Juillet 1913 qui détenait le record du froid jusqu'ici, avec 15°.98 et un écart de –2°.83, est battu par juillet 1919, avec 15°.88 et un écart de –2°.93.

GENÈVE — JUILLET 1919

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 8 obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 ½		13 ½		21 ½		Dominant		V. moy. km/h.	Nébulosité 7 ½	13 ½	21 ½	Moy. 6 obs	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Nomb. d'heur.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm														h	mm	
1	23.6	22.1	21.0	**22.49**	**− 4.87**	**20.7**	24.9	SSW	1	SSW	2	SW	2	SSW	2	16.2	9	0	7	3	10.8	9.0	3
2	24.0	23.9	25.3	24.02	− 3.37	21.3	27.3	SW	1	SW	1	SSW	2	SSW	1	4.2	9	6	10	7	7.8	1.9	2
3	27.3	28.6	29.2	28.08	+ 0.67	26.9	29.5	SSW	1	W	1	SSW	1	SSW	1	5.4	9	3	9	7	8.6	....	....
4	28.9	27.2	26.1	27.44	0.00	24.8	29.4	NE	1	N	1	NE	1	NE	1	4.4	3	8	8	5	12.0	5.8	5
5	25.6	24.3	25.6	24.89	− 2.57	23.1	26.3	SW	0	NW	1	NE	1	NW	1	3.3	9	1	9	7	7.3	9.8	7
6	25.7	26.0	26.5	26.04	− 1.45	24.5	27.8	NE	0	NNW	1	NE	0	NNE	1	4.0	9	6	10	8	8.1	5.0	4
7	27.3	26.8	25.2	26.46	− 1.05	24.8	27.5	N	0	NNE	1	NNE	1	NNE	1	4.6	2	1	10	4	10.7	13.8	5
8	24.6	25.7	27.9	26.07	− 1.47	24.2	29.3	NNE	0	NE	1	SSW	1	SSW	1	11.7	8	9	10	9	3.7	**15.5**	**11**
9	31.0	31.4	30.9	30.73	+ 3.17	29.3	31.6	SSW	2	W	1	NNE	1	SSW	1	10.4	9	9	7	7	6.5	....	....
10	29.2	27.7	26.0	28.12	+ 0.54	25.8	31.0	NNE	1	NNE	1	NNE	1	NNE	1	6.5	0	1	3	3	13.7	....	....
11	26.1	25.7	25.8	25.78	− 1.82	24.8	26.3	S	0	SW	1	NW	1	calme		1.6	1	2	8	4	11.6	....	....
12	25.7	25.1	25.5	25.39	− 2.24	24.4	26.0	NE	0	NW	1	SE	1	var.		2.9	2	8	9	6	9.4	....	....
13	27.0	29.7	31.7	28.71	+ 1.06	25.4	32.2	SW	1	NNE	1	N	0	NNE	1	6.5	9	9	6	6	6.3	....	....
14	32.1	31.3	30.3	31.30	+ 3.63	29.9	32.3	NNW	0	SW	1	SW	1	SW	1	2.3	2	1	9	4	11.9	....	....
15	27.2	24.4	24.9	26.01	− 1.68	22.7	30.1	SW	1	SSW	2	N	1	SSW	1	10.4	9	10	10	10	0.5	12.3	**13**
16	30.0	30.3	31.1	29.84	+ 2.13	27.4	31.4	SSW	1	NNE	2	NNE	1	NNE	2	**17.9**	9	3	0	3	10.8	....	...
17	31.2	30.3	28.8	30.13	+ 2.40	28.4	31.3	SE	0	NNE	1	NW	0	NNE	1	6.3	0	0	0	0	**14.4**	....	...
18	27.9	26.8	26.2	27.00	− 0.74	26.0	28.6	SSE	0	NNE	1	NW	0	calme		1.6	7	9	0	6	5.6	....	....
19	26.4	24.2	23.9	24.98	− 2.78	23.2	26.4	SSW	0	NNE	1	SSW	2	SSW	1	5.8	9	7	9	7	8.4	0.8	2
20	26.7	27.3	29.0	27.17	− 0.61	24.5	29.7	SSW	1	SSW	1	SSE	1	SSW	1	6.9	9	9	10	9	1.2	8.1	10
21	31.7	32.4	34.6	**32.33**	**+ 4.54**	29.7	**34.8**	SSE	0	NW	1	E	1	SE	1	6.9	9	3	0	5	9.3	....	...
22	33.5	31.7	29.5	32.08	+ 4.27	29.2	34.6	SE	0	NNW	1	SSE	0	var.		4.0	3	7	5	5	11.5	8.3	5
23	27.0	26.5	26.8	26.95	− 0.87	25.9	29.2	SSW	1	SSW	1	SSW	1	SSW	1	9.6	8	4	4	6	7.0	1.5	2
24	25.7	26.0	28.2	26.47	− 1.37	25.4	28.4	SSW	1	SW	1	E	0	SSW	1	7.5	9	9	9	9	1.8	3.1	4
25	28.2	27.6	28.6	28.03	+ 0.18	27.3	28.9	NNE	0	NNW	1	NE	0	NNW	1	6.7	1	2	0	2	11.0	....	....
26	29.2	29.0	28.9	28.92	+ 1.06	28.0	29.5	SSE	0	NNE	1	NNE	1	NNE	1	6.1	0	2	0	1	13.2	....	....
27	29.1	27.6	26.8	27.86	− 0.01	26.2	29.1	SSE	0	N	1	NNE	0	N	1	3.8	0	1	1	1	12.3	....	....
28	27.2	26.0	26.4	26.49	− 1.40	25.4	27.3	SW	0	NNE	1	NNW	1	NNE	1	7.3	4	2	0	3	11.0	....	....
29	26.6	25.9	26.4	26.20	− 1.70	25.2	26.8	NNW	0	N	1	NNE	1	NNE	1	7.1	6	4	0	3	11.2	....	...
30	26.3	26.3	27.6	26.49	− 1.42	25.8	28.2	SSW	0	NNE	1	SW	0	NNE	1	4.4	9	1	8	6	8.9	....	....
31	29.6	29.7	31.0	26.59	− 1.33	28.1	31.8	SSW	0	NNE	1	SW	0	NNE	1	5.7	0	0	3	1	12.1	....	....
Mois	27.79	27.33	27.60	27.49	− 0.16											6.52	5.6	4.4	5.6	5.1	278.6	94.9	73

Jour du mois	Température							Fraction de saturation en %							Tempér. du Rhône		Limnimètre
	7 1/2	13 1/2	21 1/2	Moyenne 8 obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	7 1/2	13 1/2	21 1/2	Moyenne 8 obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	Midi	Ecart. av. la norm.	
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm
1	14.0	20.4	18.4	17.05	− 1.17	12.2	22.0	55	36	46	**44**	**−25**	**30**	80	8.8	−8.1	1865
2	13.4	17.3	15.0	15.12	− 3.16	10.8	19.3	75	55	48	66	− 3	43	92	8.7	−8.3	1845
3	13.8	18.4	15.7	14.99	− 3.35	10.0	20.3	71	42	59	62	− 7	40	85	8.7	−8.4	1855
4	12.5	18.4	16.3	15.35	− 3.05	10.3	19.8	71	56	76	67	− 2	46	91	8.3	−8.9	1840
5	14.9	24.0	18.8	17.66	− 0.79	13.2	25.8	93	48	92	78	+10	43	94	12.3	−5.0	1820
6	15.2	18.9	17.5	16.73	− 1.77	13.0	22.0	90	65	85	82	+14	57	93	—	—	1835
7	17.0	21.2	20.0	18.36	− 0.18	15.0	24.0	90	64	75	80	+12	58	94	12.0	−5.4	1815
8	17.4	14.6	12.2	14.95	− 3.64	11.7	19.8	90	80	94	**87**	**+19**	70	95	11.5	−6.0	1830
9	14.2	19.2	15.2	15.85	− 2.78	12.5	21.4	78	60	79	74	+ 6	55	91	12.5	−5.1	1860
10	14.7	19.0	18.5	16.91	− 1.76	12.8	20.8	73	56	62	68	0	51	92	13.8	−3.8	1860
11	14.4	24.0	17.2	18.06	− 0.64	11.8	25.4	84	40	67	64	− 4	35	86	14.4	−3.3	1850
12	15.3	25.0	18.6	**18.80**	**+ 0.07**	12.2	**26.5**	76	40	74	64	− 4	37	85	16.3	−2.5	1815
13	17.0	17.2	15.3	16.34	− 2.42	13.1	21.6	73	59	50	66	− 2	46	82	—	—	1795
14	12.7	19.6	14.3	14.86	− 3.93	8.0	21.8	76	41	58	60	− 8	38	92	16.5	−1.4	1805
15	13.8	12.9	10.4	**12.51**	**− 6.30**	10.0	17.0	58	82	86	72	+ 4	49	91	14.5	−3.5	1775
16	10.2	16.0	12.4	12.79	− 6.04	7.5	17.2	84	43	72	64	− 4	38	85	13.3	−4.7	1810
17	11.2	17.1	16.8	14.35	− 4.50	7.6	20.2	73	43	52	62	− 6	34	84	13.3	−4.8	1785
18	12.6	19.0	16.0	14.98	− 3.89	9.3	20.0	70	60	84	72	+ 4	51	88	14.4	−3.7	1780
19	13.2	19.6	20.0	17.34	− 1.54	10.0	25.0	87	67	67	73	+ 5	53	90	15.2	−3.0	1700
20	16.5	19.2	15.5	17.01	− 1.88	14.5	22.7	73	72	94	77	+ 9	51	95	—	—	1635
21	12.4	19.2	13.0	15.10	− 3.79	10.0	20.6	76	45	68	62	− 6	35	90	15.5	−2.8	1670
22	11.6	21.2	16.2	15.31	− 3.59	**6.8**	23.0	78	53	67	66	− 2	50	87	14.8	−3.6	1660
23	15.2	19.4	15.2	16.46	− 2.44	13.3	21.0	91	62	64	74	+ 6	58	92	—	—	1645
24	13.5	16.9	11.9	13.60	− 5.29	10.2	17.7	81	61	91	76	+ 8	60	95	13.0	−5.4	1620
25	11.6	17.7	13.7	13.55	− 5.34	7.6	19.0	87	53	78	75	+ 7	45	**96**	12.8	−5.7	1615
26	12.5	19.1	15.4	15.59	− 3.29	8.3	21.5	82	56	67	69	+ 1	41	92	13.5	−5.0	1620
27	13.7	19.6	17.8	16.07	− 2.80	9.1	21.7	83	57	72	72	+ 4	53	87	—	—	1595
28	14.6	20.6	16.4	16.44	− 2.41	10.8	21.8	82	54	67	70	+ 2	46	92	16.5	−2.1	1575
29	13.3	20.0	16.0	15.71	− 3.13	9.8	21.5	81	54	67	69	+ 1	46	85	16.5	−2.1	1560
30	13.0	20.2	17.6	16.29	− 2.53	10.2	21.8	85	58	74	73	+ 5	51	88	17.5	−1.2	1570
31	16.1	22.6	17.7	18.19	− 0.60	12.0	24.1	80	53	78	69	+ 1	37	89	18.0	−0.7	1565
Mois	13.92	19.27	15.96	15.88	− 2.93	10.76	21.49	79	55	71	70	+ 2			13.54	−4.55	1718

MOYENNE DE GENÈVE — JUILLET 1919

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700 +

Heure	1 ½	4 ½	7 ½	10 ½	13 ½	16 ½	19 ½	22 ½	Moyenne
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	26.85	26.60	26.70	26.88	26.36	25 74	25.77	26.56	26.43
2e »	27.78	27.71	28.04	27.83	27.51	26.99	27.20	27 98	27.63
3e »	28 48	28.38	28.56	28.55	28.06	27.73	27.99	28.74	28.31
Mois	27.73	27.59	27.79	27.78	27.33	26.85	27.02	27 79	27.49

Température

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	13.57	12.86	14.71	17.11	19.14	19.43	17.94	15.62	16.30
2e »	13.08	11.47	13.69	17.39	18.96	18.89	17.26	14.89	15 70
3e »	12.29	10.54	13.41	17.11	19.68	19 71	17.65	14.98	15.66
Mois	12.96	11.59	13.92	17.20	19.27	19.35	17.61	15.14	15.88

Fraction de saturation en %

1re déc.	83	84	79	64	56	56	65	78	71
2e »	74	80	75	62	55	57	64	72	67
3e »	82	86	82	68	55	53	61	77	71
Mois	80	83	79	65	55	55	63	76	70

Dans ce mois l'air a été calme 226 fois sur 1000

Le rapport des vents $\frac{NNE}{SSW} = \frac{66}{61} = 1.08$

Moyennes des 3 observations (7 ½, 13 ½, 21 ½)

	mm
Pression atmosphérique. . . .	27.57
Nébulosité	5.2
Temp. $\frac{7\frac{1}{2} + 13\frac{1}{2} + 22\frac{1}{2}}{3}$ . . .	16°.38
Temp. $\frac{7\frac{1}{2} + 13\frac{1}{2} + 2 \times 21\frac{1}{2}}{4}$.	16°.28
Fraction de saturation. . . .	68 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

		mm
Press. atmosphérique .	(1836-1875)	727 65
Nébulosité.	(1848-1875)	4.4
Hauteur de pluie . .	(1826-1875)	70.8
Nombre de jours de pluie	»	9
Temp. moyenne. . .	»	18°81
Fract. de saturation	(1849-1875)	68 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	Céligny	Collex	Chambésy	Châtelaine	Satigny	Athenaz	Compesières
Hauteur d'eau en mm	152.9	118.8	102.5	102.1	116.7	100.7	63.4

Station	Veyrier	Observatoire	Cologny	Puplinge	Jussy	Hermance
Hauteur d'eau en mm	89.8	94.9	88.1		96.1	83.4

Erratum. — Pluie de juin à Satigny, au lieu de : 60.5 lire : 54.2.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS DE

JUILLET 1919

Les 5, 9, 14, 15, 16, 23, 25, 29 et 31 brouillard une partie de la journée.
les 1, 2, 4, 5 et 7 vent fort.
les 15, 16 et 22 forte bise.

Le 25 dégel complet du lac.

GRAND SAINT-BERNARD — JUILLET 1919

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 3 obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 ½		13 ½		21 ½		Dominant		Nébulosité 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 3 obs.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm												
1	63.6	62.8	63.0	63.1	− 4.8	62.6	63.8	SW	2	SW	3	SW	3	SW	3	6	5	6	6
2	63.0	63.3	64.3	63.5	− 4.4	62.7	64.4	SW	2	SW	3	SW	1	SW	2	10	10	2	7
3	64.8	66.3	67.8	66.3	− 1.7	64.4	67.8	NE	0	SW	1	SW	0	SW	1	9	5	4	6
4	67.8	67.6	68.0	67.8	− 0.2	67.4	68.1	SW	3	SW	1	SW	1	SW	2	4	2	10	5
5	67.0	68.5	68.4	68.0	− 0.1	66.7	68.7	SW	4	SW	2	SW	0	SW	2	10	5	10	8
6	67.8	68.5	68.9	68.4	+ 0.3	67.3	69.0	SW	0	SW	1	SW	2	SW	1	10	6	10	9
7	68.2	68.8	69.0	68.7	+ 0.5	67.8	69.2	SW	3	SW	2	SW	3	SW	3	10	4	8	7
8	66.8	65.0	66.2	66.0	− 2.2	64.8	68.5	SW	1	SW	0	SW	1	SW	1	9	10	10	10
9	68.2	68.8	69.7	68.9	+ 0.6	66.7	69.8	NE	2	NE	2	NE	1	NE	2	10	10	10	10
10	67.9	67.0	66.8	67.2	− 1.1	66.6	69.6	NE	0	NE	1	NE	1	NE	1	0	6	4	3
11	66.0	66.0	66.5	66.2	− 2.1	65.7	66.6	NE	0	NE	0	NE	1	NE	1	1	4	3	3
12	66.7	66.9	67.4	67.0	− 1.4	66.6	67.4	NE	0	NE	1	NE	0	NE	1	1	6	2	3
13	66.6	68.2	68.7	67.8	− 0.6	66.5	68.8	NE	0	NE	0	NE	1	NE	1	10	10	10	10
14	68.7	69.0	67.9	68.5	0.0	67.7	69.2	NE	1	NE	0	NE	1	NE	1	2	0	10	4
15	64.0	62.7	60.6	**62.4**	− **6.1**	**60.4**	67.7	NE	1	NE	3	NE	5	NE	3	10	10	10	10
16	63.8	64.8	67.7	65.4	− 3.1	61.0	68.0	NE	4	NE	3	NE	3	NE	3	7	3	10	7
17	69.0	69.4	69.8	69.4	+ 0.8	68.0	69.9	NE	0	NE	1	NE	1	NE	1	0	0	0	0
18	69.8	69.8	69.6	69.8	+ 1.2	69.2	69.9	SW	1	SW	0	NE	1	var.		4	10	2	5
19	67.8	68.6	67.6	68.0	− 0.6	67.5	69.7	NE	0	SW	2	SW	2	SW	2	5	5	10	7
20	67.6	68.5	68.9	68.3	− 0.4	67.4	69.1	SW	1	SW	1	NE	0	SW	1	10	9	10	10
21	67.8	68.4	69.5	68.6	− 0.1	67.8	69.7	NE	1	NE	2	NE	0	NE	1	10	6	10	9
22	69.4	69.0	68.7	69.0	+ 0.3	68.5	69.7	NE	3	NE	2	NE	2	NE	2	2	1	2	2
23	66.6	67.3	65.7	66.5	− 2.2	65.6	68.5	NE	0	NE	1	NE	1	NE	1	10	1	10	7
24	64.2	63.8	64.8	64.3	− 4.5	63.6	65.6	SW	0	NE	1	NE	2	NE	1	10	10	10	10
25	65.3	66.0	67.0	66.1	− 2.7	65.0	67.2	NE	1	NE	1	NE	1	TE	1	10	3	10	8
26	67.7	68.2	68.6	68.2	− 0.6	67.0	68.8	NE	1	NE	2	NE	1	NE	1	1	3	0	1
27	68.4	68.0	67.6	68.0	− 0.8	67.5	68.8	NE	0	NE	1	NE	1	NE	1	1	2	0	1
28	67.4	66.6	67.1	67.0	− 1.8	66.5	67.5	NE	1	SW	1	NE	1	NE	1	0	3	0	1
29	66.6	66.5	66.4	66.5	− 2.3	66.1	67.2	NE	1	NE	1	NE	2	NE	1	4	8	10	7
30	65.8	66.6	68.5	67.0	− 1.9	65.5	68.6	SW	1	SW	0	NE	1	var.		8	10	10	9
31	69.4	70.2	71.6	**70.4**	+ **1.5**	68.4	**71.8**	NE	0	NE	0	NE	0	calme.		1	10	10	7
Mois	66.89	67.13	67.50	67.17	− 1.31											6.0	5.7	6.9	6.2

Jour du mois	Température							Fraction de saturation en %						Pluie et Neige			
	7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 3 obs.	Ecart. av. la norm.	Min	Max.	7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 3 obs.	Min.	Max.	Ancien pluv. Pluie	Ancien pluv. Neige	Nouv. pluv. Pluie	Nouv. pluv. Neige
	°	°	°	°	°	°	°							mm	cm	mm	cm
1	1.6	5.4	4.0	3.7	− 1.7	0.8	5.8	75	59	64	66	56	82	10.0	....	18.0	2
2	− 0.1	0.2	0.4	0.2	− 5.3	− 0.5	3.8	99	96	72	89	48	100	1.2	1	2.4	1
3	− 0.2	4.6	1.2	1.9	− 3.6	− 1.5	6.0	80	58	91	76	52	100	....	....	....	....
4	1.6	7.4	3.0	4.0	− 1.6	0.2	8.1	76	56	94	75	38	98	10.4	....	11.5	....
5	2.2	5.0	2.7	3.3	− 2.3	1.8	5.4	100	97	97	98	91	100	15.0	....	16.5	....
6	2.8	6.0	5.0	4.6	− 1.1	2.6	6.6	100	82	95	92	80	100	...	...	...	....
7	4.4	8.6	5.2	6.0	+ 0.3	4.0	9.3	100	76	100	92	70	100	4.1	....	3.8	....
8	4.6	4.8	1.4	3.6	− 2.2	1.0	6.1	98	71	100	90	50	100	7.8	2	9.5	2
9	1.2	4.0	1.0	2.1	− 3.7	0.1	4.7	96	90	100	95	81	100	.	....	....	....
10	2.6	6.2	4.0	4.3	− 1.6	1.3	7.1	82	76	95	84	70	97	.	....	....	....
11	3.4	7.6	3.4	4.8	− 1.1	2.5	8.3	82	70	76	76	67	93	.	....	....	....
12	3.2	8.1	5.0	5.4	− 0.6	2.5	9.0	74	70	95	80	65	97	0.5	...	2.3	....
13	4.0	4.0	0.2	2.7	− 3.3	− 0.4	5.2	100	100	100	100	86	100	5.8	....	11.3	...
14	− 2.6	5.0	0.2	0.9	− 5.2	− 3.0	5.4	100	75	100	92	72	100	0.5	....	1.0	...
15	− 0.6	1.0	− 2.0	− 0.5	− 6.6	− 2.8	3.5	100	90	100	97	67	100	10.6	...	19.0	....
16	− 3.6	0.0	− 2.2	**− 1.9**	**− 8.0**	**− 4.6**	0.6	95	77	100	91	66	100	....	....	....	....
17	2.2	9.6	6.6	6.1	− 0.1	− 3.0	9.9	46	47	76	**56**	43	100	....	....	....	....
18	5.6	9.0	6.0	6.9	+ 0.7	4.3	11.2	67	63	95	75	46	97	....	....	....	....
19	6.0	10.0	6.0	**7.3**	**+ 1.1**	4.5	**11.8**	81	60	95	79	53	98	....	....	....	....
20	5.1	6.6	4.0	5.2	− 1.1	3.4	7.6	100	86	94	93	71	100	**22.0**	....	**27.0**	...
21	1.0	1.0	− 1.6	0.1	− 6.2	− 2.0	4.1	100	94	100	98	87	100	0.5	....	1.1	....
22	− 2.3	4.6	2.0	1.4	− 4.9	− 3.0	5.4	97	76	100	91	74	100	....	....	....	....
23	2.6	7.4	1.6	3.9	− 2.4	− 1.5	8.7	86	70	100	85	58	100	7.0	....	10.0	...
24	1.0	2.0	− 1.0	0.7	− 5.6	− 1.2	2.8	95	100	100	98	81	100	8.9	1	13.6	2
25	− 1.6	4.2	0.8	1.1	− 5.3	− 2.0	5.4	100	80	98	93	73	100	....	....	....	....
26	0.4	6.0	2.0	2.8	− 3.6	− 0.5	6.5	90	74	95	86	71	97	....	....	....	....
27	2.0	8.4	4.4	4.9	− 1.5	1.0	9.8	90	60	92	81	57	94	...	...	....	....
28	3.4	9.0	4.0	5.5	− 0.9	2.0	9.8	55	62	76	64	**34**	87	...	..	....	....
29	2.6	7.4	3.8	4.6	− 1.8	1.5	8.4	90	65	90	82	57	95	..	...	....	....
30	3.0	6.0	3.0	4.0	− 2.4	2.2	6.6	100	89	89	93	80	100	12.2	....	12.8	..
31	3.6	8.0	5.0	5.5	− 0.9	3.0	9.3	90	81	100	90	74	100	1.6	..	2.5	....
Mois	1.91	5.71	2.55	3.39	−2.77	0.41	6.85	89	76	93	86			118.1	4	162.3	7

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD — JUILLET 1919

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — 0mm.22. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500mm + / **Fraction de saturation en %**

Heure	7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne	7 ½	13 ½	21 ½	Moy.
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	66.51	66.66	67.21	66.79	91	76	91	86
2e »	67.00	67.39	67.47	67.28	84	74	93	84
3e »	67.15	67.33	67.77	67.42	90	77	95	87
Mois	66.89	67.13	67.50	67.17	89	76	93	86

Température

Heure	7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne $\frac{7½+13½+21½}{3}$	Moyenne $\frac{7½+13½+2\times21½}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	2.07	5.22	2.79	3.36	3.22
2e »	2.27	6.09	2.72	3.69	3.45
3e »	1.43	5.82	2.18	3.14	2.90
Mois	1.91	5.71	2.55	3.39	3.18

Dans ce mois l'air a été calme 269 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{65}{48} = 1.35$

Pluie et neige dans le Val d'Entremont

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	Grand St-Bernard Anc. P.	Grand St-Bernard Nouv. P.
Eau en mm . .	86.5	53.4	57.8	118.1	162.3
Neige en cm . .	0	0	0	4	7

SUR UNE NOUVELLE INTERPRÉTATION

DE LA

STÉRÉOMÉTRIE RIEMANNIENNE

PAR

C. CAILLER

(Avec 11 fig.).

---

§ 1. — Dans un article paru l'an dernier à cette place[1] j'ai démontré comment la Stéréométrie riemannienne se confond substantiellement avec la Cinématique des figures solides sphériques mobiles sur leur propre sphère, ou encore — ce qui revient au même — avec la Géométrie des flèches sur la sphère.

La correspondance dont il s'agit exprime naturellement une réalité indépendante de toute considération d'ordre méthodologique. Mais un fait est d'autant mieux connu qu'on sait le contempler sous des aspects plus divers.

C'est ce qui m'engage à revenir sur le sujet. Je vais l'exposer une fois encore, sous une forme synthétique, bien différente de celle que j'avais adoptée naguère. Le nouveau mode d'exposition, tout abstrait qu'il est, me paraît réaliser un progrès marqué au point de vue de la simplicité. On entre dans le sujet de plein pied, et pour me suivre il suffira de connaître les premiers éléments de la Géométrie de la sphère.

Développer tous les détails de la théorie, équivaudrait à

[1] Sur une interprétation de la Géométrie de Riemann à 3 dimensions, etc. *Archives*. Septembre 1918, pp. 119-150.

refaire la Géométrie de Riemann dans sa totalité : je ne pouvais y songer. Les pages qui suivent ne contiennent ainsi que les traits qui m'ont paru les plus caractéristiques ; le lecteur comblera aisément, me semble-t-il, les lacunes plus ou moins voulues que j'ai laissées sur mon chemin.

I. — Nomenclature. Préliminaires.

§ 2. — Suivant l'usage, j'appelle *figures congruentes,* ou *superposables,* des figures qu'un *mouvement* ou *déplacement* ordinaire peut appliquer l'une sur l'autre en faisant coïncider tous leurs points deux à deux.

Les diverses figures F, F′, ... G, G′, ... dont il sera question plus bas feront toujours partie de la surface d'une sphère fixe ; le rayon de cette sphère est indéterminé et l'on peut, si on veut, le prendre pour unité.

On sait que si deux semblables figures sphériques, F et F′, sont congruentes, le mouvement qui transporte la première sur la seconde peut toujours se remplacer par une rotation dont l'axe passe au centre de la sphère. Cet axe recoupe la sphère en deux points, diamétralement opposés, qui sont les *centres,* ou *pôles,* de la rotation ; il suffit d'en considérer un seul. Dans le cas que nous envisageons, les trois locutions, *mouvement, déplacement, rotation* (autour d'un axe ou d'un centre) sont synonymes, et se remplacent mutuellement.

Deux arcs homologues $\overline{ab}$, $\overline{a'b'}$, égaux entre eux[1] étant choisis à volonté, la correspondance des deux figures congruentes est complètement déterminée : l'homologue c', d'un point c, appartenant à la première, s'obtiendra en construisant le triangle $c'a'b'$ égal au triangle cab, ce qui n'est possible que d'une manière. Le point c' est toujours du même côté de l'arc $a'b'$ que son correspondant l'est de l'arc ab ; tous deux sont à gauche, ou tous deux à droite.

[1] Les points homologues sont désignés ici par les mêmes lettres accentuées.

L'arc $\overline{ab}$ qui unit les deux points est inférieur à deux angles droits. Dans les figures, nous traçons les arcs de grand cercle comme des droites.

Il suit de là qu'une figure donnée possède ∞^3 figures congruentes. La chose est évidente par ailleurs ; car le centre de la rotation qui amène les deux figures l'une sur l'autre peut recevoir ∞^2 positions sur la sphère, tandis que l'amplitude de cette même rotation est susceptible de ∞^1 valeurs.

Si cette amplitude est égale à 180°, les deux figures sphériques, congruentes entre elles, sont symétriques par rapport à un point de la sphère, et la réciproque est vraie. Nous disons dans ce cas que les figures sont *conjuguées,* ou, pour employer un terme plus expressif, qu'elles sont *opposites.* Une figure possède évidemment ∞^2 figures conjuguées (ou opposites)[1].

§ 3. — La figure G, formée de tous les points diamétralement opposés à ceux qui constituent une figure F, est l'*antipode* de cette dernière : la définition est évidemment symétrique relativement aux deux figures antipodes. Il est clair que deux figures antipodes ne sont pas superposables, bien que les dimensions des parties homologues soient égales entre elles.

Il est clair aussi que les grands cercles homologues dans les deux figures antipodes sont toujours confondus et les points homologues toujours distincts.

Deux figures F et G sont dites *contraires* l'une de l'autre quand la première est superposable à l'antipode de la seconde ; ici encore il y a réciprocité, et si F est contraire à G, G sera aussi contraire à F.

Un *retournement* est l'opération par laquelle une figure F se transforme en l'une de ses contraires. Un retournement particulier est défini complètement au moyen de deux segments égaux $\overline{ab}$, $\overline{a'b'}$ choisis à volonté dans les deux figures contraires. Le correspondant c', d'un point c appartenant à F, s'obtiendra en construisant le triangle $a'b'c'$, *symétrique* du triangle abc ; si c est à gauche de $\overline{ab}$, son homologue c' sera à droite de $\overline{a'b'}$.

Il suit de là que le nombre des retournements possibles ou, si on veut, que le nombre des contraires d'une figure donnée, monte à ∞^3.

[1] Le symbole quaternion d'un mouvement est $p \,.\, \bar{p}$. Si le mouvement équivaut à une symétrie relative à un centre le quaternion p dégénère en un simple vecteur.

§ 4. — Deux figures contraires F et G sont susceptibles de trois dispositions possibles.

1° F et G peuvent d'abord être *antipodes*; nous savons que dans ce cas, qui à beaucoup d'égards doit être regardé comme singulier, tous les points homologues sont différents et tous les grands cercles homologues identiques.

2° F et G peuvent être symétriques par rapport à un certain arc de grand cercle, ou *équateur* E. Nous dirons dans ce cas que F et G sont des figures *réflexes.*

Il est clair que, pour les figures réflexes. l'équateur est le seul grand cercle invariant. Non seulement il se correspond à lui-même dans le passage de F à G, mais en outre tous ses points restent immobiles, c'est-à-dire qu'ils sont à eux-mêmes leurs propres homologues.

3° Toutes les figures réflexes d'une figure F ne forment qu'une bisérie ∞^2; deux figures *contraires* quelconques, F et G, ne sont donc pas réflexes en général.

Prenons au hasard deux figures contraires : on démontre aisément qu'il existe encore un *équateur* E doué des propriétés suivantes.

Considéré dans sa totalité, l'équateur est invariant, il est son propre correspondant. Seulement ses différents points ne sont pas immobiles. Le retournement qui transforme F en G peut s'effectuer en deux temps. Une *réflexion* sur E changera d'abord F en une de ses réflexes G′. Un glissement convenable le long de E amènera ensuite G′ en G. Sans que le résultat soit changé les deux opérations composantes peuvent d'ailleurs s'exécuter dans l'ordre inverse ; elles sont permutables.

On constate immédiatement d'après cela que, dans le cas général d'un retournement quelconque, tous les points sans exception sont différents de leurs homologues. Quant aux grands cercles, seul parmi eux, l'équateur possède la propriété d'invariance.

Si donc on sait de deux figures contraires qu'elles ont un point commun, on peut affirmer sans autre que ces figures sont réflexes ; cette remarque est essentielle.

Par exemple, soient F, F′ deux figures congruentes, *a* leur

point homologue commun, ou le centre de la rotation qui amène F sur F′. Prenons la réflexe G′ de la seconde figure par rapport à un grand cercle quelconque passant en a. Les deux figures F et G′ sont contraires, mais comme en outre elles possèdent un homologue commun, à savoir le point a, elles sont réflexes l'une de l'autre relativement à un certain méridien issu de a.

Prenons encore deux figures réflexes F et G, puis faisons les tourner toutes deux, indépendamment l'une de l'autre, autour d'un point quelconque a appartenant à leur équateur. Pendant leur mouvement elles engendrent chacune une *couronne* ; si on prend à volonté une figure F′ dans la première de ces couronnes et une figure G′ dans la seconde, F′ et G′ seront toujours réflexes ; car ces figures sont contraires et possèdent un homologue commun, le point a.

Soient F′ une figure quelconque et G′ son antipode ; déplaçons F′ de 180° le long d'un certain équateur E, la transformant ainsi en une figure opposite F″. Le mouvement (F′, F″) et le retournement (F′, G′) changent tous les deux un point a de l'équateur en un point qui lui est diamétralement opposé a'. Ainsi donc, les figures contraires F″ et G′ sont réflexes relativement au grand cercle E.

Autrement dit les diverses figures F″, qui sont conjuguées de la figure F′, sont en même temps les figures réflexes de la figure G′, elle-même antipode de F′. La réciproque est également vraie.

Considérons en dernier lieu deux figures congruentes F et F′ ; supposons qu'il existe deux points homologues, a dans F et a' dans F′, qui soient antipodes l'un de l'autre. Je dis que ces figures sont opposites.

En effet F′ a le point a' commun avec l'antipode G de la figure F ; de la sorte F′ est réflexe de G, il est donc, en vertu de la propriété précédente, opposite de F.

Il est clair que dans le cas en question, il y a dans F, outre le point a, uue série d'autres points jouissant de la propriété d'être diamétralement opposés à leurs homologues ; ces points forment l'équateur commun à F′ et G.

Il importe en terminant ces préliminaires de remarquer les

propriétés suivantes qui sont presque évidentes et interviennent à chaque instant.

Deux figures *congruentes, opposites, contraires, réflexes, antipodes,* conservent leur relation particulière quand l'on soumet l'une et l'autre au même mouvement ou au même retournement.

La composition de deux mouvements, ou celle de deux retournements, redonne un mouvement.

Au contraire la composition d'un mouvement avec un retournement engendre un retournement.

L'analyse à laquelle il a été procédé plus haut nous a montré que tout retournement se décompose en un glissement et une réflexion le long du même équateur : c'est un cas particulier de la dernière propriété mentionnée à l'instant.

II. — Les trois objets de la Géométrie sphérique.

§ 5. Dans la Sphérique ordinaire, l'élément primitif est le point, et avec lui son élément polaire, l'arc de grand cercle ou géodésique de la Sphère. Tous deux, sans disparaître absolument, vont passer à l'arrière-plan : de nouveaux objets sont destinés à un rôle beaucoup plus essentiel et vont servir de matériaux pour la construction d'une Géométrie sphérique à trois dimensions.

Afin d'éviter de surcharger notre terminologie de néologismes plus ou moins mal formés, nous ne désignerons pas les nouveaux éléments par des noms communs mais simplement par les initiales p, ϖ et δ. Qu'il suffise de noter dès maintenant qu'un p correspond au *point*, un ϖ au *plan*, une δ à la *droite* de l'espace riemannien à trois dimensions[1] ; cette assimilation se justifiera d'autant mieux que nous étudierons plus à fond les propriétés mutuelles des trois éléments fondamentaux p, ϖ et δ.

La Sphérique à trois dimensions que nous allons développer a beau imiter la Stéréométrie riemanienne et en fournir une

[1] En cas de besoin on peut employer les termes *pseudopoint, pseudoplan* et *pseudodroite* au lieu de p, ϖ, ou δ. Les locutions *point, plan* et *droite riemanniens* s'offrent aussi d'elles-mêmes.

représentation adéquate, elle n'en est pas moins dépourvue de tout caractère transcendant ; elle appartient tout entière à la Géométrie euclidienne ordinaire.

Les éléments fondamentaux p, ϖ et δ possèdent plusieurs définitions différentes, selon qu'on les considère comme des êtres indépendants et indécomposables, ou que, au contraire, on fait de chacun d'eux un ensemble d'éléments appartenant à l'une ou l'autre des deux autres catégories.

Sous ce dernier aspect, ce sont des *couronnes* ou des *couronoïdes;* mais, dans ce chapitre, nous n'avons à faire qu'aux définitions autonomes des p, ϖ et δ, qui les constituent chacun en une espèce distincte.

1° Un p est l'équivalent d'un mouvement de la sphère ; c'est donc l'opération qui fait correspondre deux figures congruentes F et F′, qui associe, d'une manière déterminée, un point a' à un point a arbitrairement choisi sur la sphère, de telle sorte que la figure formée par les a' soit superposable à la figure formée par les a correspondants. Quand les figures superposables F et F′ sont données, p l'est aussi ; nous écrivons, pour indiquer ceci, $p = (F, F')$.

L'ensemble de tous les p forme une trisérie, car il y a ∞^3 déplacements possibles. On peut dire encore que la multiplicité des p est à 3 dimensions. Cette multiplicité est d'ailleurs continue. Car si on prend deux de ses éléments

$$p' = (F, F') \quad \text{et} \quad p'' = (F, F''),$$

il est clair qu'on peut intercaler entre F′ et F″ une série continue de figures $F^{(n)}$ toutes superposables à F. Chacune des opérations $p^{(n)} = (F, F^{(n)})$ diffère infiniment peu de la précédente et de la suivante : et l'on vient de réunir les deux éléments donnés par une courbe continue d'éléments p.

2° L'élément analogue au plan de l'espace riemannien sera dénoté par le symbole ϖ.

Un ϖ désigne l'opération bien définie qui fait correspondre à une figure F de la sphère l'une de ses contraires G ; c'est donc l'équivalent d'un retournement. Une figure F admet ∞^3 figures contraires G, il existe donc une trisérie d'éléments $\varpi = (F, G)$.

tous distincts les uns des autres. Parmi ceux-ci on peut remarquer, à cause de son caractère singulier, le ϖ qui associe à la figure F son antipode G.

Il est d'ailleurs évident que l'espace qui est continu quand on le considère comme lieu des p est encore continu quand on le considère comme lieu des ϖ.

3° Le troisième objet de notre Géométrie s'appellera une δ; c'est lui qui fait pendant à la droite de la Géométrie ordinaire.

Une δ, c'est un couple de 2 points pris sur la sphère, comme m et m' (fig. 1). Le premier de ces points fait fonction d'*origine,* le second d'*extrémité* de la δ. L'ordre de ces points est donc un élément fondamental dans la définition d'une δ particulière, et la $\delta = (m, m')$ est complètement différente de $\delta' = (m', m)$[1]. Il est clair par là que la sphère contient ∞^4 objets δ, différents entre eux, c'est-à-dire autant qu'il y a de droites dans l'espace ordinaire.

Deux δ telles que (m, m') et (n, n') dont les extrémités correspondantes sont antipodes l'une de l'autre (fig. 1) sont regardées comme une seule et même δ, décrite tantôt dans un certain *sens,* tantôt dans le *sens opposé.*

III. — Eléments polaires. Eléments conjugués. Eléments conjoints.

§ 6. — Nous savons qu'un p fait correspondre à une figure F, choisie à volonté, une nouvelle figure F′ congruente de la première, et que, de même, un ϖ déterminé associe à la même F une troisième figure G′ contraire à F.

1° Cela posé, si F′ et G′, qui sont contraires, sont en outre antipodes l'une de l'autre, nous dirons que p est le *pôle* de ϖ, lequel à son tour est le *pôle* de p; dans ces conditions, p et ϖ sont des éléments *polaires* (ou *antipodes*).

De la sorte, tout p possède un pôle ϖ, et tout ϖ un pôle p, l'un et l'autre parfaitement déterminés.

[1] La relation entre δ et δ' n'est pas invariante par mouvement. Voir p. 400. Une δ dont les deux extrémités coïncident n'a pas non plus un caractère invariant; ce cas particulier ne mérite donc pas d'attirer l'attention.

2° Soient deux p déterminés, comme $p' = (\mathrm{F}, \mathrm{F}')$ et $p'' = (\mathrm{F}, \mathrm{F}'')$. Lorsque les figures F′ et F″, qui sont toujours superposables, sont opposites (conjuguées), c'est-à-dire ponctuellement symétriques, nous dirons que p' et p'' sont *conjugués* entre eux.

Il est clair que la figure F′ admet ∞^2 conjuguées F″. D'autre part F peut prendre ∞^3 positions, d'où au total ∞^5 systèmes p', p'' d'éléments p conjugués entre eux. Ce nombre se réduit à ∞^2 quand l'un des éléments du couple est donné.

Prenons de même deux ϖ particuliers, $\varpi' = (\mathrm{F}, \mathrm{G}')$ et $\varpi'' = (\mathrm{F}, \mathrm{G}'')$; ils seront *conjugués* si les figures congruentes G′ et G″ le sont elles-mêmes. Il y a ainsi ∞^5 systèmes (ϖ', ϖ'') de ϖ conjugués entre eux parmi lesquels ∞^2 éléments ϖ'' conjugués à un certain ϖ' donné a priori.

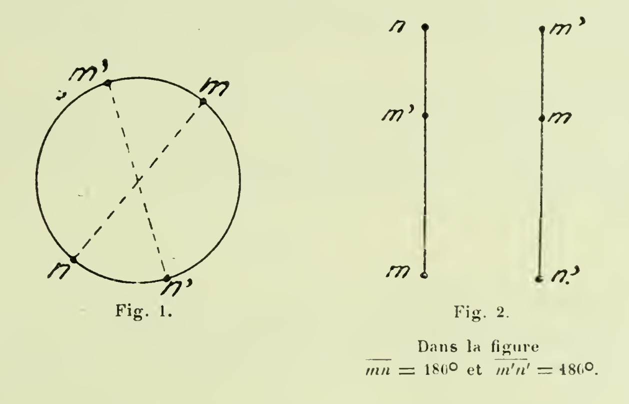


Fig. 1. Fig. 2.

Dans la figure $\overline{mn} = 180°$ et $\overline{m'n'} = 180°$.

La notion de conjugaison s'étend aussi aux objets δ, voici comment.

Deux δ comme (m, m') et (n, m'), ou (m, m') et (m, n') (fig. 2) qui possèdent une extrémité commune tandis que les deux autres extrémités sont diamétralement opposées, s'appellent δ *conjuguées* entre elles.

Cette notion est donc indépendante du sens de description des δ ainsi associées; et toute δ possède une et une seule conjuguée.

3° La notion générale de *conjonction* correspond à celle de *rencontre*, ou d'*intersection* dans la Géométrie ordinaire. De même que cette dernière elle présente un assez grand nombre de cas particuliers.

Soient comme ci-dessus $p = (F, F')$ et $\varpi = (F, G')$ deux éléments p et ϖ bien déterminés.

Lorsque les figures F' et G', qui sont contraires, deviennent réflexes, les deux éléments p et ϖ se trouvent dans la situation de *conjonction*. On dira encore, à propos des éléments conjoints, que ϖ contient p, passe par p, que p est situé dans ϖ, ou toute autre locution équivalente.

Une figure F' admet autant de figures réflexes qu'on peut tirer d'équateurs sur la sphère, c'est-à-dire ∞^2. C'est le nombre des ϖ qui sont conjoints à un p donné, ou des p qui sont conjoints à un ϖ donné; quant au système total des éléments conjoints (p, ϖ), il monte évidemment au chiffre de ∞^5.

§ 7. — La notion de conjonction appliquée aux éléments δ présente une assez grande variété; en effet deux δ peuvent être conjointes entre elles, et une δ peut aussi être conjointe avec un p ou avec un ϖ. Nous devons examiner ces divers cas.

Tout d'abord, deux δ particulières telles que $\delta_1 = (c_1, c_1')$ et $\delta_2 = (c_2, c_2')$ sont dites *conjointes* (se coupent, se rencontrent, concourent, etc....), si on a l'égalité (fig. 3)

$$\overline{c_1 c_2} = \overline{c_1' c_2'} .$$

On remarquera que si on intervertit le sens d'une des δ, ou de chacune, ces δ ne cesseront pas de se rencontrer.

En effet, si le renversement a converti la $\delta_1 = (c_1, c_1')$ en (γ, γ'), nous avons

$$\overline{\gamma c_2} = 180° - \overline{c_1 c_2} , \quad \overline{\gamma' c_2'} = 180° - \overline{c_1' c_2'} ,$$

si donc la condition de rencontre $\overline{c_1 c_2} = \overline{c_1' c_2'}$ est satisfaite avant le renversement, elle l'est aussi après, car on a encore $\overline{\gamma c_2} = \overline{\gamma' c_2'}$.

Un cas particulier de la rencontre de deux δ mérite d'être signalé dès maintenant.

Supposons $\overline{c_1 c_2} = \overline{c_1' c_2'} = 90°$; en employant les mêmes notations que tout à l'heure, nous avons donc aussi $\overline{\gamma c_2} = \overline{\gamma' c_2'} = 90°$.

La δ_2 qui est conjuguée à $\delta_1 = (c_1, c_1')$ est (γ, c_1') ou (c_1, γ') suivant le sens de sa description; dans le cas qui nous occupe, δ_2

rencontre non seulement δ_1, mais encore la conjuguée de cette dernière. Et il y a réciprocité.

Deux pareilles δ dont chacune rencontre l'autre ainsi que la conjuguée de celle-ci s'appellent *perpendiculaires*. La condition de perpendicularité est donc que les extrémités correspondantes des deux δ se trouvent à la distance d'un quadrant; elle est, comme il est facile de s'assurer, non seulement suffisante, mais aussi nécessaire.

Nous dirons souvent que deux points a et a' *se correspondent selon un certain* p, *ou un certain* ϖ, pour exprimer que a' est l'homologue de a après qu'on a effectué, soit l'opération p, soit l'opération ϖ.

Lorsque l'extrémité c' d'une $\delta = (c, c')$ correspond ainsi à l'origine c de la même δ, selon p, ou selon ϖ, δ est dit *conjoint avec l'élément* p, *ou avec l'élément* ϖ (appartient à p ou ϖ, les contient, y est contenu, etc...).

Il est clair que les opérations p et ϖ transforment deux points diamétralement opposés en deux nouveaux points qui sont encore diamétralement opposés. Donc si p ou ϖ contiennent une certaine δ, ils contiendront aussi la même δ décrite dans le sens contraire du sens primitif.

Voici encore quelques remarques évidentes.

Toutes les δ qui passent par un certain p sont concourantes deux à deux, il en va de même pour les δ qui font partie d'un certain ϖ déterminé. Car, dans l'un et l'autre cas, les origines et les extrémités de deux de ces δ sont équidistantes.

Etant donné un certain p il existe ∞^2 objets δ qui appartiennent à ce p. Car si $\delta = (a, a')$ doit faire partie de p, l'origine a a peut être été choisie à volonté sur la sphère ; il faut et il suffit que l'extrémité a' corresponde à a selon p.

De même un ϖ donné renferme une bisérie d'objets δ qui appartiennent à ce ϖ.

Réciproquement, étant données deux δ concourantes, il existe un et un seul p qui les contient chacune, et de même, il existe un et un seul ϖ passant par l'une et l'autre[1].

[1] Il est clair que deux δ non-concourantes n'appartiennent jamais au même p, ni au même ϖ.

En effet, si $\delta' = (a, a')$ et $\delta'' = (b, b')$, la condition de rencontre de ces δ est

$$\overline{ab} = \overline{a'b'} .$$

Et alors, il y a un mouvement p et un retournement ϖ, tous deux bien définis, qui appliquent l'un sur l'autre les couples homologues (a, b) et (a', b').

Nous remettons au chapitre IV la suite des propriétés concernant la conjonction des figures; elles sont presque aussi immédiates que les précédentes.

IV. — Intersections et sujets connexes.

§ 8. — *Théorème.* Une δ déterminée $\delta = (a, a')$ contient ∞^1 éléments p distincts, et aussi ∞^1 éléments ϖ distincts.

En effet pour définir $p = (\mathrm{F}, \mathrm{F}')$, il faut connaître, dans F′, les points a' et b' qui correspondent à deux autres points a et b, choisis dans F à volonté. Obliger p à être conjoint avec δ, c'est se donner un seul des deux couples, à savoir (a, a'). La figure F étant tracée comme on veut, la figure F′ pourra tourner d'un angle quelconque autour du point a', homologue à a, tout en restant congruente à F.

A chacune de ces ∞^1 positions correspond un p placé sur δ. Supposons que F′ se déplace d'une manière continue autour de a', le p correspondant variera lui aussi d'une manière continue; au bout d'un tour entier effectué par la figure F′ le p primitif sera revenu à sa position initiale en progressant toujours dans le même sens. Ainsi, dans la Géométrie riemannienne, quand un point décrit une droite sans jamais revenir en arrière, il finit par se retrouver à son point de départ.

Les mêmes propriétés persistent pour les ϖ passant par la δ donnée; il suffit, pour la démonstration, de substituer à la figure F′ une figure G′ contraire de F.

Théorème. Deux éléments p et ϖ, conduits selon la même $\delta = (a, a')$ sont toujours dans la situation de conjonction.

En effet, selon l'opérateur p une figure F se transformera en une figure congruente F′; selon ϖ, F se changera en une figure contraire G′. Mais p et ϖ contenant tous les deux la $\delta = (a, a')$,

l'homologue de a est a', tant par rapport à l'opérateur p qu'à l'opérateur ϖ. Et ainsi les deux figures contraires F′ et G′ ayant un point homologue commun, à savoir a', seront réflexes; c'est justement la condition pour la rencontre de p et ϖ.

Théorème. Deux p distincts étant donnés, comme p' et p'', il existe une δ, et une seule, appartenant à l'un et l'autre p. C'est la δ *joignant* p' à p''.

En effet, $p' = (\mathrm{F}, \mathrm{F}')$ et $p'' = (\mathrm{F}, \mathrm{F}'')$ transforment la figure F en deux nouvelles figures F′ et F″ congruentes à F, par suite superposables. Il existe donc entre F′ et F″ deux points homologues communs, a' et $-a'$, lesquels sont diamétralement

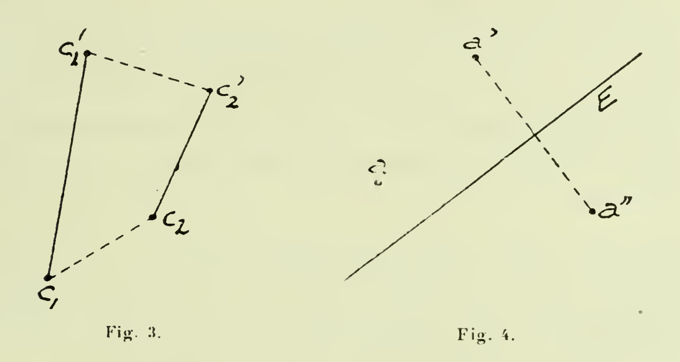


Fig. 3. Fig. 4.

opposés. Soit a l'homologue de a' dans la figure F, la δ cherchée, commune à p' et p'', est $\delta = (a, a')$. Il n'y en a pas d'autre[1].

Théorème. Deux éléments ϖ, différents entre eux, tels que $\varpi' = (\mathrm{F}, \mathrm{G}')$ et $\varpi'' = (\mathrm{F}, \mathrm{G}'')$ possèdent toujours une et une seule δ commune. C'est l'*intersection* de ϖ' et ϖ''.

La preuve est exactement la même que celle du théorème précédent; elle s'en déduit en substituant aux figures F′ et F″ les figures G′ et G″, contraires à F, et congruentes l'une par rapport à l'autre.

§ 9. — *Le faisceau de δ.* Un p et un ϖ quelconques ne possèdent habituellement aucune δ commune. Mais s'il existe une

[1] La $\delta = (-a, -a')$ n'est pas une nouvelle solution; elle redonne la même pseudodroite décrite en sens contraire.

δ qui soit en conjonction tant avec un certain p donné qu'avec un certain ϖ également donné, il existera alors une infinité de δ conjointes à p et à ϖ simultanément. La monosérie que forment ces δ est un *faisceau.*

Faisons comme toujours $p = (F, F')$ et $\varpi = (F, G')$. Si $\delta = (a, a')$ est une pseudodroite commune à p et ϖ, les transformées F' et G', obtenues respectivement selon p et selon ϖ, auront le point homologue commun a'. Les figures F' et G' sont donc réflexes et possèdent une série de points communs[1]. Ceux-ci sont disposés selon un certain arc de grand cercle E', dont le correspondant, dans F, est un autre grand cercle E.

L'ensemble des δ communes à p et ϖ, $\delta = (b, b')$, s'obtiendra en associant les divers points b du cercle E à leurs correspondants sur le cercle E' et la correspondance est telle qu'on ait toujours $\overline{ab} = \overline{a'b'}$. Il est clair que ces deux arcs sont homologues aussi bien selon le mouvement p que selon le retournement ϖ : c'est en ceci que consiste essentiellement la propriété du faisceau.

Théorème. Par trois p déterminés, à savoir $p_1 = (F, F_1)$, $p_2 = (F, F_2)$, $p_3 = (F, F_3)$, passe un ϖ, et un seul, $\varpi = (F, G)$. De même trois ϖ déterminés, à savoir $\varpi_1 = (F, G_1)$, $\varpi_2 = (F, G_2)$, $\varpi_3 = (F, G_3)$, se rencontrent en un p et un seul p.

Le raisonnement est tout pareil pour les deux parties du théorème, et il suffit de prouver la première. C'est l'analogue de la propriété d'après laquelle trois plans se coupent en un point, ou de la propriété corrélative d'après laquelle trois points déterminent un plan et un seul.

Il suffit évidemment pour la démonstration d'établir l'existence d'une figure G, contraire de F, qui soit réflexe des figures F_1, F_2, F_3.

Marquons en a_3' le centre commun aux figures F_1 et F_2, en a_1' le centre commun à F_2 et F_3, enfin en a_2' le centre commun à F_3 et F_1.

Tirons, par exemple, l'arc $a_3'a_1'$ et soit G la symétrique de la figure F_2 par rapport à cet arc. G est donc réflexe de F_2; mais il

[1] Si F' et G' sont contraires sans être réflexes, p et ϖ n'ont évidemment aucune δ commune.

l'est aussi de F_1 comme ayant le point a'_3 commun avec cette figure. Enfin G est encore réflexe de F_2, puisque le point a'_1 est un homologue commun à l'une et l'autre figure.

La figure G est donc réflexe des trois figures F_1, F_2, F_3. C'est évidemment la seule qui possède cette propriété, à moins que les trois points a'_1, a'_2, a'_3 ne coïncident[1]. Cette circonstance a lieu quand les trois figures F_1, F_2, F_3 font partie d'une même couronne, ou les trois p_1, p_2, p_3 d'une même δ.

Problème. Trouver un ϖ passant par une δ donnée et par un p donné (ou, corrélativement, un p situé sur une δ et dans un ϖ donnés).

Cette question n'est qu'une variante de la précédente. Résolvons-la d'une manière indépendante.

Soient $\delta = (a, a')$ et $p = (F, F')$. Marquons en a'', dans F', l'homologue du point a considéré comme faisant partie de F, et soit E l'arc de grand cercle qui coupe $a'a''$ perpendiculairement en son milieu (fig. 4). Prenons la réflexe G de la figure F' par rapport à l'équateur E : je dis que $\varpi = (F, G)$.

En effet a' est dans G l'homologue du point a'' considéré comme appartenant à F'. Ainsi a' correspond à a selon ϖ, autrement dit ϖ contient la δ donnée, $\delta = (a, a')$. D'autre part G et F' sont réflexes, le $\varpi = (F, G)$ est donc conjoint avec $p = (F, F')$.

La solution est évidemment indéterminée, d'ordre ∞^1, quand δ contient p. Dans ce cas a' coïncide avec a'', l'équateur E est un quelconque des cercles issus du point a'.

Ce qui précède n'est en somme que le décalque de la Géométrie projective ordinaire ; toutes les relations projectives connues entre les points, les plans et les droites se retrouvent telles quelles entre les p, les ϖ et les δ de la Géométrie sphérique.

Et en résumé, nous savons :

1° Construire la δ commune à deux éléments p' et p''.

2° » l'ensemble de tous les p et de tous les ϖ, appartenant à la δ de jonction entre p' et p''.

[1] Deux des trois points ne peuvent coïncider sans que le troisième coïncide également.

3° Construire l'intersection de deux éléments ϖ' et ϖ''.
4° » l'ensemble de tous les p et de tous les ϖ appartenant à l'intersection de ϖ' et ϖ''.
5° » l'élément ϖ passant par trois p donnés.
6° » l'élément p commun à trois ϖ donnés.
7° » l'intersection d'une δ avec un ϖ donné.
8° » le ϖ qui passe par une δ et un p donnés.

V. — Dualité.

§ 10. — Remarquons en premier lieu que des δ qui sont conjuguées, ne sont jamais conjointes. Car si l'on a $\delta' = (m, m')$ et $\delta'' = (m, m'')$, la condition de conjugaison est $\overline{m'm''} = 180°$, celle de rencontre est au contraire $\overline{m'm''} = 0$.

Théorème. Deux p, tels que p' et p'' respectivement choisis à volonté sur deux δ conjuguées sont aussi conjugués entre eux. Et de même, deux ϖ, tels que ϖ' et ϖ'', menés respectivement par deux δ conjuguées sont aussi conjugués.

La démonstration étant toute semblable pour les deux parties du théorème, ne considérons que la première.

Soient $\delta' = (m, m')$ et $\delta'' = (m, m'')$ les deux δ conjuguées; m' et m'' sont donc antipodes. Posons $p' = (\mathrm{F}, \mathrm{F}')$ et $p'' = (\mathrm{F}, \mathrm{F}'')$.

Puisque p' appartient à δ' et p'' à δ'', les points m' et m'' sont les correspondants respectifs du même point m. Et ainsi les figures congruentes F′ et F″ possèdent un couple de points homologues qui sont diamétralement opposés. Dans ces conditions F′ et F″ sont opposites, et les éléments p' et p'' sont conjugués.

Voici, si on veut, une nouvelle démonstration du même fait. Soient d le pôle de l'arc $m'mm''$, d' l'homologue de d selon p'. Puisque p' est conjoint à $\delta' = (m, m')$, on aura (fig. 5)

$$\overline{m'd'} = \overline{md} = \overline{m'd} = 90° .$$

D'où résulte que l'arc dd' rencontrera $m'm''$ à angle droit au milieu entre m' et m''.

Exactement pour le même motif, l'arc dd' contiendra l'homologue d'', selon p'', du point d.

Dès lors si on considère les figures $m'd'$ et $m''d''$ qui correspondent à md, respectivement selon p' et selon p'', on voit qu'il suffit de faire basculer l'une d'elles, autour du milieu de l'arc $d'd''$, d'un angle égal à deux droits, pour l'appliquer sur l'autre. Ce qu'il fallait démontrer.

Théorème. Si un p appartient à une δ, son pôle ϖ appartient à la δ conjuguée à la première. Et de même, si un ϖ passe par

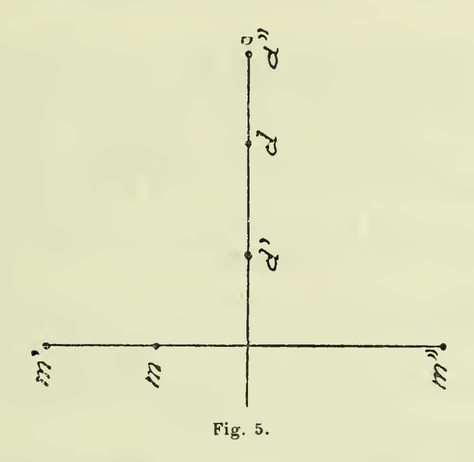


Fig. 5.

une certaine δ, la conjuguée de celle-ci contient le pôle p de ce ϖ.

Car, considérons trois figures, F, F', et G', la seconde congruente à F, la troisième antipode de F'. Soient a, a', a'' trois points homologues de ces figures. Alors l'élément $p = (\text{F}, \text{F}')$ contient la $\delta' = (a, a')$, et l'élément polaire $\varpi = (\text{F}, \text{G}')$ contient la $\delta'' = (a, a'')$, laquelle est effectivement conjuguée à δ', puisque a' et a'' sont antipodes. La réciproque se démontre de la même manière.

Voici des corollaires qui se déduisent immédiatement de là.

1° Si par un p on fait passer toutes les δ possibles, les conjuguées δ' de ces δ appartiennent à un seul et même ϖ, qui est le pôle de p.

2° Si dans un ϖ on mène toutes les δ possibles, leurs conjuguées font partie d'un seul et même p, lequel est le pôle de ϖ.

3° Si on construit les pôles ϖ' et ϖ'' de deux éléments p' et p'', la δ qui unit ϖ' et ϖ'' est conjuguée de celle qui joint p' à p''.

4° Si un p se meut le long d'une certaine δ, son pôle ϖ décrira la δ conjuguée. La propriété corrélative a lieu, en échangeant les lettres p et ϖ.

VI. — Couronnes et Couronoïdes.

§ 11. — Dans tout ce qui précède, nous n'avons guère utilisé que les définitions *indépendantes* des trois objets p, ϖ et δ. Mais il est clair que les propriétés de conjonction et de dualité permettent de considérer chacun comme un ensemble d'éléments appartenant à l'une ou l'autre des deux espèces différentes.

C'est ainsi qu'un p est la réunion de ∞^2 éléments ϖ, ou de ∞^2 éléments δ, que, corrélativement, un ϖ est la réunion de ∞^2 éléments p, ou de ∞^2 éléments δ, et qu'enfin une δ est l'assemblage suivant une certaine loi de ∞^1 éléments p, ou de ∞^1 éléments ϖ. Quelques observations suffisent pour donner une idée claire de ces ensembles qui sont les *couronoïdes* et les *couronnes.* Commençons par le dernier cas.

Considérons deux figures F′ et G′, réflexes l'une de l'autre, dont l'une soit congruente, et l'autre contraire, à une figure F; soient a' un point homologue commun à F′ et G′, et a son homologue dans F. Nous savons[1] qu'en faisant tourner d'angles quelconques les figures F′ et G′ autour du point a', elles restent réflexes dans toutes leurs positions.

On engendre ainsi deux couronnes[2] dont tous les éléments sont réflexes deux à deux, et qui, par suite, peuvent prendre le nom de *couronnes réflexes.*

Pour construire les deux couronnes réflexes, il suffit de connaître, ou bien deux positions de la figure F′, ou bien deux positions de la figure G′; dans les deux cas le point a' est défini.

[1] Voir page 373.
[2] Au sens ordinaire du mot.

Considérons la $\delta = (a, a')$, il est clair qu'elle appartient à tous les $p = (\mathrm{F}, \mathrm{F}')$ et à tous les $\varpi = (\mathrm{F}, \mathrm{G}')$.

On peut donc se figurer la δ, d'une manière analogue à la droite ordinaire, sous l'aspect d'un ensemble d'éléments p, ou d'éléments ϖ; et cet ensemble est *linéaire* dans ce sens que deux éléments p, tels que p' et p'', ou deux éléments ϖ, tels que ϖ' et ϖ'', définiront la δ, soit dans sa totalité, soit dans chacun des éléments, p ou ϖ, qui la composent : ces derniers sont évidemment tous conjoints deux à deux.

Passons à l'élément ϖ considéré comme une bisérie, ou *couronoïde,* d'éléments p. La définition des couronoïdes peut être présentée de différentes manières, équivalentes au fond, quoique distinctes dans la forme.

Soient F la figure initiale, Φ une figure fixe congruente à F, et G l'antipode de Φ.

1° Prenons toutes les figures F′ opposites de Φ, elles forment une bisérie.

2° La même bisérie de figure F′ s'obtient encore en prenant les réflexes de la figure G.

3° Dans l'ensemble F′, prenons une figure quelconque, telle que F″. Les figures G et F″ sont donc réflexes et présentent un équateur commun sur lequel nous choisirons à volonté un point O. Faisons tourner F″, d'un angle quelconque, autour de O. La figure finale obtenue de la sorte possède avec G un homologue commun, à savoir O; elle est donc réflexe de G. Et ainsi, quand on fait varier le point O sur l'équateur et qu'on change l'angle de la rotation, on engendre une bisérie de figures F′ qui est encore la même que celle définie sous les numéros 1 et 2.

Les ∞^2 éléments $p = (\mathrm{F}, \mathrm{F}')$ forment le couronoïde. Ils sont tous conjoints avec l'élément $\varpi = (\mathrm{F}, \mathrm{G})$, lequel est invariable.

D'autre part tous les p qui appartiennent au couronoïde sont opposites (ou conjugués) à un certain p fixe, à savoir (F, Φ); c'est lui qui est le *pôle* du couronoïde[2].

Les propriétés du couronoïde sont à peu près évidentes d'après

[1] Inutile de traiter le cas corrélatif d'un couronoïde d'éléments ϖ.

[2] Noter que (F, Φ) est aussi le *pôle* de $\varpi = (\mathrm{F}, \mathrm{G})$. Voir p. 376.

ce qui précède. Sans revenir sur les démonstrations, je me borne à les énumérer encore une fois :

L'intersection de deux couronoïdes est toujours une couronne.
» de trois » est un p^1.

Par deux p donnés passent une infinité de couronoïdes qui contiennent tous une seule et même couronne.

Par trois p donnés passent un et un seul couronoïde[1].

VII. — Notions métriques.

§ 12. — Soit F_1 et F_2 deux figures congruentes. Par définition leur *distance* est la *moitié* de l'angle de la rotation qui amène l'une sur l'autre ; c'est une quantité θ admettant π comme module de périodicité[2]. Par définition encore, la quantité θ est la *distance* de deux p, tels que les suivants $p_1 = (F, F_1)$, $p_2 = (F, F_2)$, ou de deux ϖ comme $\varpi_1 = (G, F_1)$ et $\varpi_2 = (G, F_2)$.

De la sorte la distance de deux éléments, tous deux p, ou tous deux ϖ, est toujours la même que celle de leurs pôles.

Soient deux éléments de types contraires, comme $p' = (F, F')$ et $\varpi' = (F, G')$. Leur *distance* est définie comme égale au complément de celle qui sépare l'un des éléments du pôle de l'autre : l'alternative qui s'ouvre ici n'affecte en rien le résultat, comme on voit aisément.

Passons à la distance de deux δ. Dans l'espace ordinaire, la disposition relative de deux points dépend d'un seul nombre, qui est justement la distance de ces points : au contraire, la disposition relative de deux droites dépend de deux nombres, qui sont l'angle de ces droites et la longueur de la perpendiculaire commune. Si on continue d'appeler *distance des droites* les éléments numériques qui déterminent la figure formée par ces droites dans l'espace, la *distance* sera un nombre complexe ; elle équivaut à deux nombres ordinaires. Nous devons attendre

[1] On ne parle ici que des cas généraux.

[2] Pour abréger, je laisse ici de côté les distinctions, faciles à établir, relatives au signe de la quantité θ.

des phénomènes analogues lorsque des δ viennent se substituer à des droites.

Soient deux δ particulières $\delta_1 = (a_1, a_1')$ et $\delta_2 = (a_2, a_2')$; leur *distance* dépend des écarts de leurs deux extrémités, ou des longueurs $\overline{a_1 a_2}$ et $\overline{a_1' a_2'}$.

Au lieu de prendre ces nombres même pour définition de la distance, nous emploierons de préférence les deux combinaisons suivantes :

$$\frac{1}{2}(\overline{a_1 a_2} + \overline{a_1' a_2'}) \quad \text{et} \quad \frac{1}{2}(\overline{a_1 a_2} - \overline{a_1' a_2'}),$$

parce que, ainsi que nous verrons bientôt[1], elles expriment les grandeurs des deux perpendiculaires communes à nos δ_1 et δ_2.

Dans le cas où δ_1 et δ_2 se rencontrent, le second des deux nombres précédents est nul ; la disposition relative des deux δ ne dépend plus que du premier, lequel devient égal à $\overline{a_1 a_2} = \overline{a_1' a_2'}$. C'est cette quantité qui s'appelle l'*angle* des deux δ concourantes.

Il est clair, d'après ces définitions, que la distance de deux δ dépend de leur sens de description ; par exemple, l'*angle* de deux δ concourantes se change en son supplémentaire si on intervertit le sens de l'une d'elles.

§ 13. — Sans nous y arrêter longuement, rappelons en passant la formule fondamentale de la Trigonométrie non-euclidienne.

Soient F_3 une figure donnée, O_1, O_2, O_3 les sommets d'un triangle; faisons tourner F_3 autour de O_1, d'un angle égal à $2O_1$, ou autour de O_2 d'un angle égal à $2O_2$, nous obtenons deux figures congruentes, entre elles et à la précédente, F_2 et F_1. Elles ont en commun le point O_3, et l'angle de rotation qui amène l'une sur l'autre est $2O_3$.

Les trois sommets O_1, O_2, O_3 sont homologues communs, respectivement dans les figures F_2 et F_3, F_3 et F_1 et F_1 et F_2. Mettons en présence de ces figures congruentes, une nouvelle figure F qui leur soit superposable, et soient ω_1, ω_2, ω_3 les homologues, au sein de F, des points O_1, O_2, O_3. On a évidemment $\overline{\omega_1 \omega_2} = \overline{O_1 O_2}$, etc.

[1] Voir pp. 399 et 400.

Considérons le triangle dont les trois côtés sont les δ suivantes :

$$\delta_1 = (\omega_1, O_1) \ ; \qquad \delta_2 = (\omega_2, O_2) \ ; \qquad \delta_3 = (\omega_3, O_3) \ ;$$

les sommets de ce triangle sont évidemment

$$p_1 = (F, F_1) \ , \qquad p_2 = (F, F_2) \ , \qquad p_3 = (F, F_3) \ .$$

Si donc on appelle a_1, a_2, a_3, les grandeurs, et α_1, α_2, α_3 les angles du dit triangle, la loi susmentionnée de la composition des rotations nous donne la formule de la Trigonométrie

$$\cos a_1 = \cos a_2 \cos a_3 + \sin a_2 \sin a_3 \cos \alpha_1 \ .$$

Les conséquences en sont suffisamment connues pour qu'il n'y ait plus lieu d'insister sur les relations métriques dans la suite de nos développements.

VIII. — Parallélisme.

§ 14. — Si deux δ ont une extrémité commune nous les dirons *parallèles* entre elles, la même locution est encore valable lorsque les deux δ ont leurs origines ou leurs extrémités diamétralement opposées. Il suffit pour ramener ce cas au précédent de changer le sens de description de l'une des deux δ données ; aussi l'excluons-nous de nos énoncés.

Il y a deux genres de parallélisme, selon que les extrémités communes se trouvent au premier ou au second bout des deux δ données. Les deux figures (6) et (7) illustrent l'alternative qui se rencontre ici.

Dans (6), $\delta_1 = (a_1, a_1')$ et $\delta_2 = (a_2, a_2')$ sont parallèles au premier bout, tandis qu'elles le sont au second dans la figure (7).

Il résulte immédiatement de la définition que deux δ parallèles ne sont jamais conjointes ni à un même p, ni à un même ϖ; que deux δ parallèles à une troisième par le même bout, sont parallèles entre elles; que, deux δ quelconques étant données, telles que δ_1 et δ_2, il existe un autre élément δ parallèle à δ_1 à l'un des bouts et à δ_2 à l'autre; enfin que, si deux

δ sont parallèles, leurs conjuguées le sont aussi et au même bout[1].

Théorème. Par un p donné, on peut toujours mener une parallèle, au premier bout par exemple, à une δ donnée et l'on n'en peut mener qu'une seule.

En effet, si $\delta' = (a, a')$, et que a'' soit homologue du point a selon p, la solution unique cherchée est $\delta'' = (a, a'')$. Solution toute pareille si le parallélisme doit être de la seconde espèce.

Théorème. Dans un ϖ, on peut toujours mener une parallèle, et une seule parallèle, à une δ donnée ; le sens de ce parallélisme est d'ailleurs choisi à volonté.

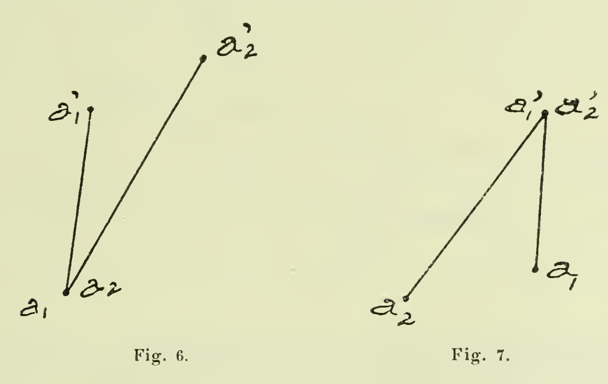


Fig. 6. Fig. 7.

En définissant a'' comme l'homologue de a selon ϖ, la solution est identique à la précédente, c'est $\delta'' = (a, a'')$. Dans ce cas le parallélisme a lieu au premier bout.

§ 15. — *Le parallélogramme.* — Considérons six points c_1, c'_1, c'_2 et d', d_1, d_2, tels que les égalités suivantes aient lieu (fig. 8).

$$\overline{cd_1} = \overline{cd_2} = \overline{c'_1 d'} = \overline{c'_2 d'} \;;$$

puis tirons les quatre δ suivantes :

$$\gamma_1 = (c\,,\, c'_1) \qquad \gamma_2 = (c\,,\, c'_2)\,,$$
$$\delta_1 = (d_1,\, d') \qquad \delta_2 = (d_2,\, d')\,.$$

[1] Remarquer que deux δ conjuguées entre elles sont aussi *parallèles*. Ce parallélisme est d'ailleurs de nature singulière, ayant lieu au deux bouts à la fois, bien que les δ soient distinctes.

Parmi ces quatre δ, les deux premières sont parallèles au premier bout, les deux autres le sont au second bout. De plus, chacune des deux γ de la première ligne rencontre les deux δ qui figurent à la seconde ligne.

Et ainsi les quatre côtés γ_1, γ_2, δ_1, δ_2 manifestent la propriété du parallélogramme euclidien ordinaire. Ce qui suit va faire ressortir mieux encore la parenté des deux notions[1].

Les deux supports opposés du parallélogramme, comme $\gamma_1 = (c, c_1')$ et $\gamma_2 = (c, c_2')$ étant donnés, les deux autres supports dépendent de trois paramètres, comme on voit immédiatement.

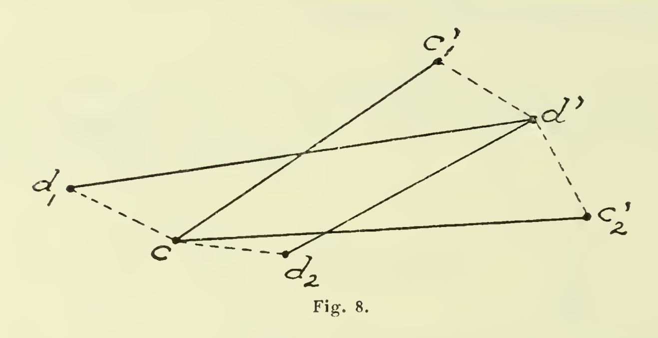


Fig. 8.

C'est l'analogue de la propriété suivant laquelle il existe ∞^3 parallélogrammes euclidiens dont les côtés opposés tombent sur deux parallèles données.

Si, en second lieu, on définit le parallélogramme au moyen de deux supports concourants tels que γ_1 et δ_1, les éléments de la construction (fig. 8) dépendent de deux paramètres. Il y a donc, ici encore, ∞^2 parallélogrammes dont les côtés tombent sur deux δ concourantes.

Si enfin on prend, à volonté, les trois supports du parallélogramme

$$\gamma_1 = (c, c_1') \; ; \; \delta_1 = (d_1, d') \; ; \; \delta_2 = (d_2, d'),$$

parmi les six points de la figure (8), un seul reste indétermine à savoir c_2'. Et comme il faut que $\overline{c_2'd'} = \overline{cd_1}$, on voit qu'avec les

[1] Ne pas oublier toutefois les différences fondamentales que voici : D'abord les côtés opposés du parallélogramme riemannien n'appartiennent jamais au même ϖ ; en second lieu, le parallélisme est d'espèce contraire pour les deux couples de côtés opposés.

trois δ données, dont deux sont parallèles entre elles et concourantes avec la troisième, on peut construire une monosérie composée de ∞^1 parallélogrammes.

Plaçons-nous dans cette dernière hypothèse. Les supports γ_1, δ_1 et δ_2 étant donnés, faisons varier le quatrième côté $\gamma_2 = (c, c_2')$, en déplaçant c_2' sur le cercle de centre d' et de rayon égal à $c_1'd'$. Dans chacune de ses positions, γ_2 rencontre δ_1 et δ_2; elle détermine par sa rencontre avec ces deux éléments δ, deux éléments p, à savoir p_1 et p_2, et deux éléments ϖ, à savoir ϖ_1 et ϖ_2. Je dis que la distance entre p_1 et p_2 est la même qu'entre ϖ_1 et ϖ_2, et que cette distance demeure constante quand γ_2 varie.

En effet les opérateurs p_1 et ϖ_1 transforment tous les deux le couple de points cd_1 dans un nouveau couple $c_2'd'$; les opérateurs p_2 et ϖ_2 transforment l'un et l'autre le couple cd_2 dans le même couple $c_2'd'$ que ci-dessus.

Les distances qui séparent respectivement p_1 de p_2 et ϖ_1 de ϖ_2, sont donc bien égales entre elles, chacune à la quantité $\sphericalangle \frac{1}{2}\, d_1cd_2$. Celle-ci, conformément à l'énoncé, ne varie pas quand γ_2 se déplace; car elle ne dépend pas de la position du point c_2'.

Réciproquement, étant données deux δ parallèles entre elles, telles que γ_1 et γ_2, prenons sur la première deux éléments p, comme p_1 et q_1, et sur la seconde deux éléments p_2 et q_2, de telle sorte que la distance qui sépare les p dans chaque paire soit la même; dans ces conditions, les δ de jonction $\overline{p_1p_2}$ et $\overline{q_1q_2}$ sont parallèles[1].

Employons en effet la notation

$$p = \{ \alpha, \beta ; \alpha', \beta' \}$$

pour exprimer le fait que l'opérateur p change le couple de points α, β en un nouveau couple α', β'; et soit (d_1, d') la δ commune aux éléments p_1 et p_2. Nous aurons, d'après les conditions de l'énoncé,

$$p_1 = \{ c, d_1 ; c_1', d' \}, \qquad p_2 = \{ c, d_1 ; c_2', d' \}.$$

[1] On suppose q_2 placé par rapport à p_2 dans le même sens que q_1 l'est par rapport à p_1. Il va de soi que les parallélismes des deux paires de côtés opposés sont d'espèce contraire.

D'autre part, si d_2 et e_2 ont pour transformés le point d', respectivement selon q_1 et q_2

$$q_1 = \{ c, d_2 ; c'_1, d' \}, \qquad q_2 = \{ c, e_2 : c'_2, d' \}.$$

On conclut de là

$$\overline{c'_1 d'} = \overline{cd_1} = \overline{cd_2} = \overline{c'_2 d'} = \overline{ce_2},$$

et l'égalité des distances $\overline{p_1 p_2}$, et $\overline{q_1 q_2}$ fournit de son côté l'égalité

$$\sphericalangle d_1 c d_2 = \sphericalangle d_1 c e_2 .$$

Et ainsi le point e_2 coïncide avec le point d_2 ; les conditions de la figure (8) sont toutes réalisées, et les deux δ de jonction de $p_1 p_2$, et de $q_1 q_2$, à savoir $\overline{(d_1, d')}$ et $\overline{(d_2, d')}$ sont parallèles à leur seconde extrémité. C. q. f. d.

A ces propriétés, ajoutons enfin celle des angles du parallélogramme. Dans tout parallélogramme les angles correspondants que forme un des supports avec les deux autres sont égaux.

Ceci est immédiat, car les quantités égales $\overline{cd_1}$ et $\overline{cd_2}$ par exemple, mesurent les angles formés par le côté γ, respectivement avec les côtés δ_1 et δ_2.

§ 16. — *Quadrique de Clifford.* — On sait que par trois droites données passe toujours une quadrique possédant deux systèmes de génératrices rectilignes. Le premier système comprend en particulier les trois droites données, le second est formé de toutes les sécantes communes au premier ; il y a d'ailleurs réciprocité entre les deux systèmes.

Lorsque les trois droites données sont parallèles en leur première extrémité, il en est de même de toutes les génératrices du premier système. Celles du second système sont alors parallèles entre elles au second bout, et le lieu des intersections mutuelles des droites appartenant respectivement aux deux systèmes est la surface connue sous le nom de *quadrique de Clifford ;* elle est divisée par les génératrices rectilignes en une infinité de parallélogrammes non-euclidiens.

Ces phénomènes caractéristiques de la Géométrie rieman-

nienne trouvent une interprétation claire dans la Géométrie des δ sur la surface sphérique.

Considérons deux cercles de rayons égaux (fig. 9), ayant pour centres respectifs les points a et b'; soient a' un point quelconque du cercle b' et b un point quelconque du cercle a.

Il est clair que toutes les δ telles que $\delta = (a, a')$ sont parallèles entre elles au premier bout; elles forment une monosérie. De même une seconde monosérie de δ parallèles au second bout est constituée par l'ensemble $\delta' = (b, b')$.

Toutes les δ de la première monosérie rencontrent toutes les δ appartenant à la seconde, car $\overline{ab} = \overline{a'b'}$, ce qui est justement la condition de rencontre. En tant que lieu *ponctuel,* la qua-

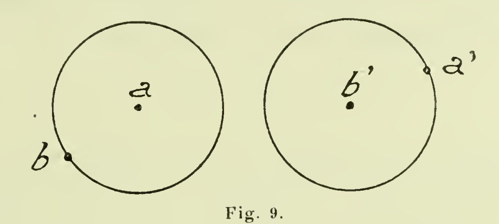


Fig. 9.

drique est formée par les ∞^2 intersections des δ avec les δ'; en tant que lieu *tangentiel,* elle est constituée par les ∞^2 éléments ϖ conjoints simultanément à une δ et à une δ'.

Il est clair que la quadrique est complètement déterminée par trois δ appartenant au premier système, par exemple $\delta_1 = (a, a_1')$, $\delta_2 = (a, a_2')$, $\delta_3 = (a, a_3')$. Le cercle b' est en effet complètement défini par trois de ses points a_1', a_2', a_3'.

La quadrique présente deux *axes* qui sont $\Delta' = (a, b')$ et $\Delta'' = (a, b'')$, le point b'' étant diamétralement opposé à b'. Ces axes sont ainsi conjugués entre eux, et les génératrices de l'un et de l'autre système leur sont parallèles, à l'un ou à l'autre bout. De plus, la distance qui sépare chaque génératrice de l'un des axes est constante, et reste la même pour les deux systèmes de génératrices. On conclut facilement de là que les p qui constituent la surface, au point de vue ponctuel, sont équidistants des axes. La quadrique de Clifford reçoit ainsi une définition qui la rapproche du cylindre ordinaire.

IX. — Perpendicularité.

§ 17. — Si deux éléments δ comme $\delta_1 = (a_1, a'_1)$ et $\delta_2 = (a_2, a'_2)$ vérifient la condition

$$\overline{a_1 a_2} + \overline{a'_1 a'_2} = 180^\circ ,$$

chacune rencontre la conjuguée de l'autre, et réciproquement chaque fois que δ_1 rencontrera la conjuguée de δ_2, l'égalité ci-dessus a lieu. Car en désignant[1] par a''_2 l'antipode de a'_2, cette égalité se réduit à celle de rencontre $a_1 a_2 = a'_1 a''_2$.

Deux δ entre lesquelles existe la relation précédente se nomment *orthogonales*. Lorsque δ_2, non seulement est orthogonale, mais de plus concourante avec δ_1, nous aurons

$$\overline{a_1 a_2} = \overline{a'_1 a'_2} = 90^\circ .$$

C'est le cas de la *perpendicularité* déjà définie au § 7.

Et l'on voit par là que l'ensemble des sécantes communes à une δ et à sa conjuguée est identique avec l'ensemble des perpendiculaires élevées sur cette δ. On peut se figurer cet ensemble de la manière suivante.

Soit $\delta = (a, a')$. Tirons les arcs de grands cercles E et E′ ayant a et a' pour pôles respectifs et prenons deux points, b et b', respectivement sur E et sur E′. Les ∞^2 éléments $\delta = (b, b')$ sont les perpendiculaires cherchées ; elles forment une bisérie qu'on appelle *recticongruence*.

Problème. Par un p, ou un ϖ, choisis à volonté, abaisser une $\Delta = (c, c')$, qui soit perpendiculaire à une autre δ donnée $\delta = (a, a')$. Comme toujours nous ne traitons que le premier cas.

Il faut que $\overline{ca} = \overline{c'a'} = 90^\circ$. Le point c doit se trouver sur un arc de grand cercle E ayant a comme pôle, et le point c' sur un second arc E′ de pôle a'. D'autre part c' est associé à c selon

[1] Des δ conjuguées cumulent les caractères de l'orthogonalité et du parallélisme.

p; il doit donc appartenir à la transformée Γ' du premier de ces cercles selon p. Et ainsi c' se trouve à l'intersection des cercles E' et Γ', c au point correspondant du cercle E [1].

On pourrait aussi obtenir la perpendiculaire comme suit. Par le p donné menons deux éléments ϖ contenant, le premier la δ donnée, le second sa conjuguée; la perpendiculaire est à leur intersection.

§ 18. — Une $\delta = (a, a')$ est dite *perpendiculaire* à un certain ϖ, quand la conjuguée de cette δ appartient à ϖ, et réciproquement, dans ces mêmes circonstances, l'objet ϖ est dit *perpendiculaire à l'élément* δ [2]. Voyons ce qui en est (fig. 10).

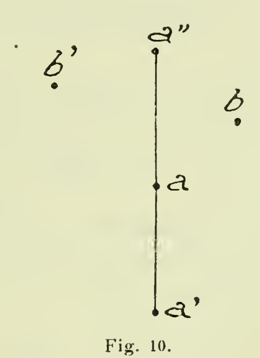


Fig. 10.

Soient a'' l'antipode de a', et (b, b') une δ faisant partie de ϖ. La condition de conjonction entre la conjuguée de $\delta = (a, a')$, qui est (a, a''), et le ϖ donné se lit $\overline{ab} = \overline{a''b'}$, ou encore

$$\overline{ab} + \overline{a'b'} = 180° .$$

Donc : *Toute perpendiculaire* $\delta = (a, a')$ *à un* ϖ *est orthogonale aux* $\delta' = (b, b')$ *contenues dans ce* ϖ.

En particulier si $\delta = (a, a')$ rencontre la $\delta' = (b, b')$, il faut que

$$\overline{ab} = \overline{a'b'} ;$$

[1] La solution $(-c, -c')$, également possible, redonne la même perpendiculaire décrite en sens inverse.

[2] On peut imiter cette notion, en substituant corrélativement un p à un ϖ.

en combinant cette condition avec $\overline{ab} + \overline{a'b'} = 180°$, il vient

$$\overline{ab} = \overline{a'b'} = 90° ;$$

par suite : *toute perpendiculaire à un certain* ϖ *est aussi perpendiculaire à toutes les* δ *qui passent par son pied dans le* ϖ.

Une autre définition, équivalente, est la suivante. *Sont perpendiculaires à un élément* ϖ *les* δ *qui passent au pôle* p *de cet élément.*

En effet, si on désigne par b'' l'antipode de b' et qu'on emploie la notation expliquée plus haut (p. 393), on a

$$\varpi = \{ a, b ; a'', b' \} \quad \text{d'où} \quad p = \{ a, b ; a', b'' \}$$

et ainsi toute $\delta = (a, a')$ perpendiculaire à ϖ, est conjointe avec le pôle p de l'élément ϖ.

Par suite, étant donnés un élément ϖ et un élément p_1 il existe une δ perpendiculaire à ϖ et conjointe avec p_1, et il n'en existe qu'une seule[1]. Pour l'obtenir, il suffit de joindre p_1 au pôle p du ϖ donné.

Le problème inverse consistant à mener par un p un ϖ perpendiculaire à une δ donnée se résout immédiatement; il suffit de joindre p à la conjuguée de la δ.

Théorème. Etant données deux δ, telles que $\delta_1 = (a_1 a_1')$ et $\delta_2 = (a_2 a_2')$, je dis qu'elles possèdent deux perpendiculaires communes, lesquelles sont conjuguées l'une de l'autre.

En effet, pour qu'une $\delta = (\gamma, \gamma')$ soit perpendiculaire à δ_1 et à δ_2, il faut qu'on ait

$$\overline{\gamma a_1} = \overline{\gamma a_2} = 90° ,$$

$$\overline{\gamma' a_1'} = \overline{\gamma' a_2'} = 90° .$$

Ainsi γ occupe l'un des pôles de l'arc $a_1 a_2$ et γ' un des pôles de l'arc $a_1' a_2'$. Chacun de ces points peut ainsi affecter deux positions antipodes l'une de l'autre. Par suite il existe deux perpendiculaires communes telles que (γ, γ') et $(\gamma, -\gamma')$; elles sont évidemment conjuguées et chacune peut être décrite dans un sens quelconque.

[1] Si du moins p est distinct de p_1. Le problème consistant à mener par une δ un ϖ perpendiculaire à une autre δ est fort simple à traiter.

§ 19. — Lorsque les deux δ sont parallèles, par exemple au premier bout, γ' seul est déterminé; quant à γ il suffit de le placer à 90° de distance des points a_1 et a_2 réunis en un seul. Dans ce cas, il existe une monosérie de perpendiculaires communes qui sont parallèles entre elles au second bout. Cette propriété dérive d'ailleurs directement du fait que, dans le parallélogramme non-euclidien, les angles correspondants sont toujours égaux : si l'un est droit, l'autre le sera nécessairement.

La perpendiculaire commune $\Gamma = (\gamma, \gamma')$, et la première $\delta_1 = (a_1, a_1')$, étant concourantes, déterminent par leur intersection un élément p; nommons-le p_1. Soit de même p_2 l'élément p commun à Γ et à $\delta_2 = (a_2, a_2')$. Quelle distance sépare ces éléments p_1 et p_2 ? La réponse est aisée.

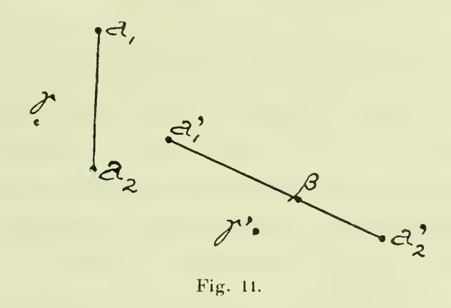


Fig. 11.

En effet, nous avons

$$\overline{\gamma a_1} = \overline{\gamma a_2} = \overline{\gamma' a_1'} = \overline{\gamma' a_2'} = 90^\circ \ ;$$

sur le grand cercle $\overline{a_2' a_1'}$ prenons un point β tel que

$$\overline{a_1' \beta} = \overline{a_1 a_2} \ , \qquad \overline{a_2' \beta} = \overline{a_1' a_2'} - \overline{a_2 a_1} \ .$$

L'opérateur p_1 transporte $\overline{\gamma a_1}$ sur $\overline{\gamma' a_1'}$ et $\overline{\gamma a_2}$ sur $\overline{\gamma' \beta}$. De même l'opérateur p_2 transporte $\overline{\gamma a_2}$ sur $\overline{\gamma' a_2'}$ (fig. 11).

Donc la distance de deux éléments p_1 et p_2, qui occupent les pieds de la perpendiculaire commune sur chaque δ, est égale à l'angle $\sphericalangle \frac{1}{2} \overline{\beta \gamma' a_2'}$, lui-même égal à l'arc

$$\frac{1}{2} \overline{a_2' \beta} \ , \quad \text{ou} \quad \frac{1}{2} (\overline{a_2' a_1'} - \overline{a_2 a_1}) \ ;$$

cette quantité mesure la longueur de la première perpendiculaire commune. La seconde a pour grandeur $\frac{1}{2}(\overline{a_2' a_1'} + \overline{a_2 a_1})$, ainsi qu'il est aisé de le démontrer.

X. — Le mouvement en géométrie riemannienne.

§ 20. — Pour ne pas allonger démesurément ce mémoire, je ne consacre que quelques mots à cette importante question : mais je ne crois pas pouvoir me dispenser de mettre ici en lumière la propriété la plus caractéristique du mouvement dans l'espace E_3^r, à savoir sa constitution binaire[1]. La Géométrie réglée va nous en livrer le secret de la manière la plus immédiate.

Un *mouvement* dans E_3^r fait correspondre à un p quelconque un nouveau p, à un ϖ quelconque un nouveau ϖ, à une δ quelconque une nouvelle δ, de telle manière que la distance de deux éléments transformés, de même espèce ou d'espèce différente, soit la même que celle des éléments primitifs correspondants[2]. Il résulte facilement de cette notion que le mouvement est une transformation *projective,* par laquelle les relations de conjonction ne sont pas altérées.

Il est donc loisible, dans l'étude des mouvements non euclidiens, de se limiter au cas où les éléments à transformer sont de la catégorie δ.

Supposons donc qu'on imprime un déplacement déterminé, d'ailleurs quelconque, à l'origine a de n'importe quelle $\delta = (a, a')$ et un *autre* déplacement, également bien défini, à l'extrémité a' de cette même δ. Il est clair que la δ se change ainsi en une nouvelle $\delta = (b, b')$, et que la condition d'invariance des distances est satisfaite. Car si $\delta_1 = (a_1, a_1')$ et $\delta_2 = (a_2, a_2')$ se

[1] L'opérateur *mouvement* a le type analytique $p(\quad)q$, avec les *deux facteurs* quaternions non-interchangeables p et q.

[2] Il faut ajouter ici que l'ensemble de tous les mouvements doit former un groupe contenant la transformation identique. A l'instar de ce qui a lieu pour la Planimétrie, l'invariance des distances a lieu, en Géométrie réglée, pour d'autres opérations que les *mouvements,* ce sont les *retournements :* je n'en parle pas ici.

transforment respectivement en $\delta'_1 = (b_1, b'_1)$ et $\delta'_2 = (b_2, b'_2)$, nous aurons

$$\overline{a_1 a_2} = \overline{b_1 b_2} \quad \text{et} \quad \overline{a'_1 a'_2} = \overline{b'_1 b'_2}$$

puisque les a subissent un même déplacement, et les a' un autre déplacement (généralement distinct du premier).

L'opération décrite à l'instant s'appelle un *mouvement* de l'espace E''_3; elle peut se répéter sans changer de nature ; et, puisqu'elle possède six degrés de liberté, tous les mouvements forment dans leur ensemble un groupe à six paramètres. Ce groupe est continu.

Théorème. Etant donné un mouvement quelconque, il existe en général deux δ, conjuguées l'une de l'autre, qui ne changent pas de position quand on exécute ce mouvement.

En effet, soient (F, F_1) et (F, F'_1) les déplacements subis respectivement par les deux extrémités d'une δ quelconque, déplacements qui représentent les composantes du mouvement non-euclidien dont il s'agit.

Prenons le point commun a aux figures F et F_1, et son antipode $-a$; prenons de même le point commun a', commun aux figures F et F'_1, ainsi que son antipode $-a'$. Les seules δ qui restent invariantes sont évidemment (a, a'), et $(a, -a')$, ou les opposées de celles-ci ; elles sont d'ailleurs conjuguées comme possédant une même origine et deux extrémités qui sont antipodes.

Il existe toujours ∞^2 mouvements laissant en place une δ donnée $\delta = (a, a')$. Car si la figure F est choisie à volonté, F_1 est cette figure même tournée d'un angle quelconque autour de a; de même F'_1 est identique à F après une rotation arbitraire autour du point a'. Ceci suffit à définir les deux composantes du mouvement.

On reconnaît ici les caractères généraux du mouvement hélicoïdal. Il opère un reclassement des p et des ϖ conjoints aux δ invariantes; et il serait facile de voir qu'à mesure que varient les angles de rotation des figures F_1 et F'_1 autour de leurs centres respectifs, chaque p avance d'une quantité déterminée, et chaque ϖ tourne d'un angle constant, le long et autour des δ invariantes.

Dans l'énoncé des propositions précédentes, une réserve est nécessaire. Supposons que la figure F_1' soit identique avec F; alors la rotation (F, F_1') est d'angle nul, et son centre a' est indéterminé.

Seul le point a est défini. On voit que dans ce cas toutes les δ dont l'origine est en a, se transforment en elles-mêmes, quelle que puisse être leur extrémité a'. Toutes ces droites invariantes forment une congruence de droites parallèles entre elles au premier bout. Le mouvement dont il s'agit fait avancer un p, conjoint avec l'une de ces δ, le long de cette δ même. Et le glissement est constant pour tous les p de l'espace : ce sont les caractères connus de la *translation euclidienne* [2].

Il existera naturellement une translation, d'une autre espèce, qui laisse invariantes les ∞^2 droites d'une congruence de δ parallèles à leur second bout arbitrairement choisi sur la sphère.

[1] Il est clair que deux δ qui sont de sens contraire se changent par le mouvement en deux nouvelles δ qui sont encore de sens contraire.

[2] Tout ceci se vérifie aisément.

ÉTUDE

PHYTOPLANCTONIQUE, EXPÉRIMENTALE ET DESCRIPTIVE

des eaux du Lac de Genève

PAR

Louis REVERDIN

(Avec 1 planche hors texte, 1 graphique et 111 figures dans le texte).

(Suite et fin).

SECONDE PARTIE

Description de quelques nouveautés rencontrées dans les couches superficielles du lac de Genève.

Au début de mes recherches j'espérais pouvoir arriver à dresser un catalogue complet de la flore planctonique superficielle du lac de Genève. Je m'aperçus bien vite que cette ambition n'était pas réalisable. La flore planctonique de notre lac a été trop délaissée jusqu'ici. Nos connaissances sur la flore planctonique du lac de Genève sont dues principalement à Brun[1] et Chodat[2]. L'étude des Diatomées est due presque exclusivement

[1] Brun, J. — *a*) Végétations pélagiques et microscopiques du lac de Genève au printemps 1884. *Bull. des Travaux de la Soc. botanique de Genève,* III, 1884, p. 17-34; *b*) Diatomées des Alpes et du Jura, Genève, 1879; *c*) Diatomées du lac Léman. *Bull. Herb. Boissier,* seconde série, t. I, nº 2, 1901, p. 117-128.

[2] Chodat. — *a*) Sur la structure et la biologie de deux algues péla-

au premier. Par ses « Etudes de biologie lacustre », Chodat inaugura une ère nouvelle dans la phytoplanctologie ; on trouvera aussi dans ses « Algues vertes de la Suisse » de précieux renseignements sur les algues vertes du plancton. Les Péridiniacées du Léman ont été étudiées avec un soin tout particulier par Penard[1] en 1891. Leur étude aurait besoin d'être reprise actuellement. C'est à Pittard[2] que nous devons les premiers renseignements au sujet de la répartition quantitative du plancton. Il étudia aussi les variations du Ceratium hirundinella. Blanc[3] contribua pour sa part à l'étude du phytoplancton par ses recherches sur le Ceratium hirundinella et ses pêches pélagiques. Forel[4], dans sa « Monographie du Léman », puisa largement chez ces différents auteurs pour son chapitre sur la flore du Léman. Depuis lors, c'est-à-dire depuis 1904, l'étude de la flore planctonique n'a pas été reprise. Bachmann[5] dans son étude n'ajoute rien de neuf quant à la flore du Léman ; les travaux de M. Bétant (voir à l'introduction) sont de nature purement quantitative ; on lui doit cependant d'excellentes photographies représentant les formes les plus typiques.

L'établissement d'une liste complète de la flore planctonique ne pourra se faire que dans un travail de longue haleine et par la coopération de plusieurs bonnes volontés. J'espère que les

giques. *Journal de botanique,* 1896 ; *b*) Etude de biologie lacustre, *Bull. Herb. Boissier*, t. V, 1897, nº 5, p. 289-314 ; t. VI, 1898, nº 1, p. 49-77, nº 2, p. 155-188, 431-476 ; *c*) Recherche sur la biologie lacustre. *Le Globe*, t. XXXVII, 5me série, t. IX, 1893 ; *d*) Algues vertes de la Suisse. *Matér. pour la flore cryptogamique de la Suisse*, vol. 1, fascicule 3, 1902.

[1] Penard, E. — Les Péridiniacées du Léman. *Bull. des travaux de la Société botanique de Genève*, t. VI, 1891.

[2] Pittard, E. — *a*) *Arch. Sc. phys. et nat.*, 4e période, III, 1896 ; *b*) Répartition quantitative en surface du Plankton. *Arch. Sc. phys. et nat.*, 4e période, t. III, 1897 ; *c*) A propos du Ceratium hirundinella, O.-F. Müller. *Arch. Sc. phys. et nat.*, 4e période, t. III, 1897.

[3] Blanc, H. — *a*) Notes sur le Ceratium hirundinella, O.-F. Müller, *Bull. Soc. vaudoise Sc. nat.*, t. XX, 1885, nº 91, p. 305-315, 1 pl. ; *b*) Séries de pêches pélagiques dans le Léman. *Arch. Sc. phys. et nat.*, 4me période, t. I, 1895, p. 460-462.

[4] Forel, F.-A. — Le Léman, t. III, 1904, p. 132-134, 139-151.

[5] Bachmann, H. — Etude comparative des phytoplanctons des lacs de l'Ecosse et de la Suisse. *Arch. Sc. phys. et nat.*, t. XXV, 1908, nº 3, p. 249-268 ; nº 4, p. 360-372.

pages qui suivront encourageront d'autres chercheurs. J'ai été moi-même frappé du nombre de nouveautés rencontrées et je puis affirmer qu'il y a encore beaucoup de découvertes à faire. Il est certain que mon but n'a pas été seulement de trouver des formes nouvelles. Ce qui importe avant tout c'est d'arriver à connaître la biologie de chaque espèce. Pour parvenir à ce résultat il y a deux méthodes : l'étude des formes dans la nature et en cultures pures. Ces deux études doivent se compléter mutuellement. Malheureusement la méthode des cultures pures ne peut pas être employée pour tous les organismes. Les essais que j'ai présentés dans la première partie ont montré la faible survivance des Flagellés et de certains Dinoflagellés. Pour ces deux classes nous en sommes réduits à l'étude dans la nature. Les Diatomées planctoniques me semblent plus favorables, on arrivera sans doute à les cultiver plus facilement. Les vastes collections d'algues vertes en cultures pures de Chodat montrent que pour cette classe il ne s'agit plus que d'une question de temps et de patience.

Je diviserai cette deuxième partie en deux chapitres correspondant aux deux classes sur lesquelles j'ai recueilli le plus grand nombre d'observations. I les Flagellés. II les Algues vertes.

§ 1. — Flagellés.

1° **Diceras**, nov. gen. (Lepochromonadinea), L. Reverdin.

C'est dans le courant du mois de novembre 1916 que j'ai rencontré cette nouvelle forme. L'étude que j'ai publiée[1] était forcément préliminaire, de nouvelles observations m'ont fourni de nouveaux faits importants, je reprends donc sa description au complet.

Forme : Une cellule ovoïde lorsqu'elle est vue de face portant à ses deux extrémités deux cornes qui vont en s'amincissant progressivement ; ces deux cornes ont des longueurs différentes, la plus courte faisant suite au petit bout de l'ovale, la plus

[1] Reverdin, Louis. « Un nouveau genre d'algues (Lepochromonadinea), le genre *Diceras*. » *Bull. de la Soc. Bot. de Genève*, vol. IX, 1917.

grande implantée sur la partie large de la cellule (fig. 18). Les deux cornes sont dans le prolongement l'une de l'autre, la cellule est donc symétrique par rapport à un plan passant par les deux cornes. Vue latéralement, la forme ovalaire de la cellule est plus marquée, les deux cornes ne sont plus dans le même plan, on voit aussi que la grande corne n'est pas rectiligne, elle est légèrement incurvée (fig. 19, 20, 21). C'est presque toujours dans cette position que l'algue se présente sous la lamelle ; on ne peut la voir de face que dans un milieu légèrement visqueux ou en tapotant sous la lamelle.

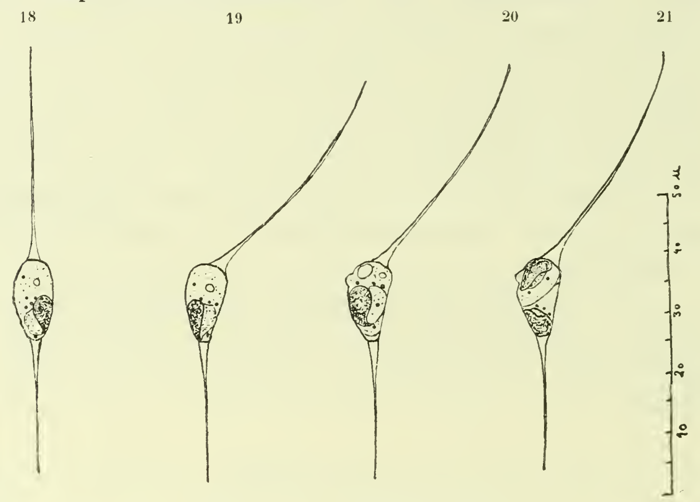


Fig. 18 à 21. — **Diceras Chodati**.

Dimensions : D'après une série de mensurations portant sur une cinquantaine de cellules j'ai obtenu les dimensions suivantes :

Longueur de l'ovale	13,5
Largeur de l'ovale	5,8
Longueur de la grande corne . . .	40
» » » petite corne . . .	24
Angle compris entre les deux cornes	142°

Les minima et maxima observés sont :

Pour la longueur de l'ovale. . . .	11-16
» » largeur de l'ovale	4-7
» » grande corne.	38-42
» » petite corne	22-28
» l'angle entre les deux cornes .	140°-144°

L'ovale et les cornes sont parfaitement lisses; cependant j'ai rencontré plusieurs fois des individus présentant sur l'ovale du côté de la grande corne une légère protubérance qui est toujours située sur le bord le plus convexe opposé à l'angle formé par les deux cornes (fig. 20, 21).

Sur des individus morts ou plasmolysés on constate que les cornes ne prolongent pas l'ovale mais en sont nettement séparées par une cloison, l'ovale étant complet.

Composition : La nature cellulosique soit de l'ovale soit des deux cornes est facilement déterminée par l'action du rouge congo ammoniacal ou du chlorure de zinc iodé. J'ai toujours obtenu les mêmes résultats que sur les coques des *Dinobryon.*

Protoplasma : La partie vivante de la cellule est limitée à l'intérieur de l'ovale, il n'y a pas de prolongements protoplasmiques dans les cornes. Dans la grande majorité des individus observés, le protoplasma remplit complètement l'ovale. Il est très clair et ne montre que quelques petites granulations dont la répartition est assez irrégulière. Dans certains cas le protoplasma se contracte, laissant un vide entre lui et la coque de l'ovale à une extrémité (fig. 22). En se rétractant davantage il s'isole complètement (fig. 23), entouré d'une très fine membrane il garde une forme ovale ou peut même s'arrondir complètement (fig. 24). Sur deux individus j'ai remarqué une espèce de pied qui rattachait le protoplasma contracté à la coque cellulosique, ce pied était dans un cas du côté de la petite corne (fig. 25), dans l'autre, du côté de la grande corne (fig. 26).

Vacuoles : Je n'ai rencontré de grosses vacuoles que rarement, généralement cette vacuole se trouve aux extrémités de l'ovale (fig. 27).

Vésicules contractiles : Dans mes premières descriptions je ne les ai pas signalées, ne les ayant pas constatées sur les individus observés, depuis lors j'ai pu me convaincre qu'il y a deux petites vésicules contractiles alternantes. Elles sont très rapprochées l'une de l'autre, leurs contractions alternent toutes les 7 secondes environ. La position de ces deux vésicules paraît variable, cependant on les rencontre le plus souvent du côté de la petite corne.

Chromatophore : Il n'y a qu'un chromatophore dans cha-

que cellule, il est en plaque simple à contour arrondi, sa position est variable, tantôt au centre de la cellule en lame recourbée occupant environ la moitié de la circonférence, tantôt dans ses extrémités, dans ce dernier cas il forme une petite calotte, sa couleur est vert-jaune clair et rappelle celle des *Dinobryon* et des *Mallomonas*.

Noyau: Il n'est pas visible à l'état frais, je n'ai réussi à le voir qu'après coloration, sur un individu seulement, il occupe la partie centrale du protoplasma.

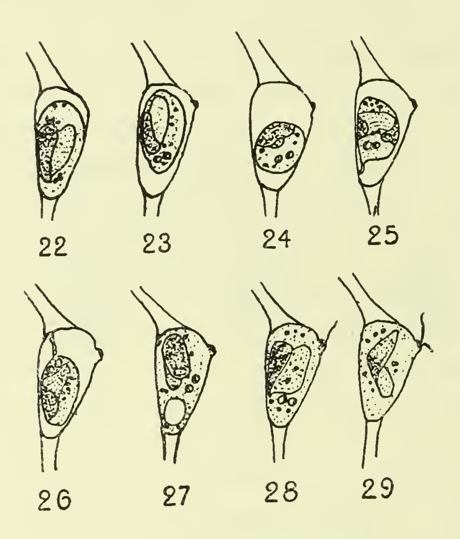


Fig. 22 à 29 — **Diceras Chodati.**

Flagellum: Pendant longtemps j'ai cru que les cellules étaient complètement immobiles et que leurs déplacements se faisaient d'une manière toute passive. Je suis certain maintenant que cette immobilité n'est réalisée qu'à certains stades de la vie de ce flagellé. Ce stade est caractérisé par une coque cellulosique paraissant complètement close (fig. 18, 19). La protubérance, dont j'ai parlé tout à l'heure, montre un petit orifice, dans ce cas il y a communication par un court canal entre le liquide ambiant et le protoplasma. J'ai eu d'abord beaucoup de peine à voir cet orifice, je n'en voyais sortir ni prolongement

protoplasmique, ni flagellum, j'avais pourtant observé plusieurs fois que de cette protubérance s'échappaient de petites gouttelettes réfringentes, sans doute quelque sécrétion de produits de déchets. Enfin en examinant attentivement certains individus présentant de légers mouvements, j'ai réussi à voir un flagellum sortant par l'orifice (Planche 1, fig. *a, b,* fig. 28) Ce flagellum est très court, ses mouvements sont lents. Je n'ai pas pu trouver un second flagellum à l'état frais. Sur un individu seulement, après coloration à l'iode, j'ai trouvé sortant de l'orifice deux filaments plus ou moins contractés (fig. 29). Il est dès lors fort plausible d'admettre la présence de deux flagellum dont l'un, celui qu'on peut observer à l'état frais, est plus long que l'autre. Ce qui est certain c'est que ces flagellum ne sont visibles qu'à certains stades du développement et que leur présence n'influe guère sur le genre de vie de ces organismes. Comme je l'ai dit plus haut, leur motilité est très faible, ils sont incapables d'entraîner les cellules d'où ils sortent. Le seul mouvement observé est une sorte de balancement de la cellule.

Multiplication : Vu la forme très particulière de ces cellules, il serait d'un grand intérêt de connaître l'histoire de son développement au complet ; malheureusement cette question reste encore pendante. Malgré mes nombreuses observations j'ai presque toujours rencontré cet organisme sous les aspects décrits ci-dessus. Cependant j'ai trouvé une dizaine de cellules présentant des caractères spéciaux qui permettent quelques remarques sur leur multiplication. Quelques cellules possédaient deux chomatophores (planche I, fig. *b, c*) situés chacun à l'extrémité de l'ovale ; par une division oblique le protoplasma se divise en deux parties égales. Remarquons que cette division peut s'effectuer soit sur des cellules à ovale complet, soit sur des cellules présentant la protubérance décrite. Quel est le sort de ces deux cellules ? Y a-t-il expulsion à travers le petit orifice de la protubérance ou bien la coque cellulosique se disjoint-elle ? Aucune observation jusqu'ici ne me permet d'y répondre. Comment se forme l'individu adulte à partir de ces cellules expulsées ? Là encore de nouvelles découvertes sont à attendre. Pourtant les cellules figurées à la planche I (fig. *d* et *e*) permettent une première orientation. Dans le cas de la fig. *e*, le proto-

plasma remplit la corne et la partie sphérique de la cellule dans laquelle se trouve le chromatophore en calotte; dans le second cas (fig. *d*) le protoplasma est limité à la partie sphérique, la corne est séparée de celle-ci par une cloison cellulosique comme sur les cellules adultes à deux cornes. Il est probable que la seconde corne se forme d'une manière analogue, le protoplasma émettant un prolongement, opposé au premier, qui se retire peu à peu après avoir sécrété un fourreau cellulosique. On voit que d'après ce mode de formation les cornes ne seraient pas pleines mais creuses, cette question est du reste difficile à trancher; il se pourrait aussi fort bien que le lumen tout entier soit oblitéré par une masse cellulosique. La formation des cornes et de la coque ovale se rapproche évidemment de ce qui se passe chez les *Dinobryon*. Ces états juvéniles sont très rares, je n'ai rencontré que trois cellules dans ces stades primitifs.

Position systématique: Le nouveau genre Diceras doit se placer dans le groupe des Lepochromonadinées, dans le voisinage des genres *Dinobryon* et *Kephyriopsis*. L'absence d'un stigma est sans doute en rapport avec le manque de mobilité de cette algue.

L'espèce qui m'a servi pour la description de ce genre a reçu le nom de **Diceras Chodati**, nov. spec., L. Reverdin. Je suis heureux d'avoir pu dédier ma première découverte à mon maître Chodat.

Diagnoses :

Diceras nov. gen. *Lepochromonadinearum*. L. Reverdin.

Cellulae libere natantes bisetigerae, parte inflata ovoidea inde cellulae asimetricae. Contentus cellulae ovalis in setas haud prolongatus. Chromatophora bina vel saepius chromatophorum unicum cochleare luteo-viride; granula magnitudine varia, sparsa.

Diceras Chodati nov. spec. L. Reverdin.

Characteres generis. Diam. partis inflatae longius 13,5 μ, brevius 5,8 μ; longitudo setarum, brevioris 24 μ, longioris 40 μ. Cellulae vertice visae rectae, latere setis angulum late aper-

tum formantibus. Angulus 142° (*i. e.* lineae a dorso in setas prolongatae).

Habitus : libere natans in lacu genevensi haud procul a superficie.

Le **Diceras Chodati** n'a été jusqu'ici rencontré que dans la couche superficielle du lac de Genève. Soit entre le Port-Noir et l'Ariana, soit au large d'Hermance ; il est rare, je l'ai trouvé plus fréquemment durant les mois d'hiver.

2° **Styloceras** nov. gen. (Lepochromonadinea). L. Reverdin.

Styloceras longissimus nov. spec. L. Reverdin
(planche 1, fig. *f*).

Dans le produit d'une pêche effectuée le 20 février 1917 entre le Port-Noir et l'Ariana j'ai rencontré trois individus du même type que celui figuré à la planche 1, fig. *f*.

La longueur totale de la cellule est de 156, la partie centrale élargie fusiforme a une longueur de 52. Les deux prolongements cylindriques droits mesurent aussi 52. Le passage des prolongements à la partie médiane se fait d'une manière progressive. Les deux prolongements se terminent brusquement en gardant une forme cylindrique. Les deux extrémités m'ont paru identiques ; il m'est impossible de dire si elles sont ouvertes ou fermées. Contrairement à ce qui se passe chez *Diceras,* ici il n'y a pas de cloisons entre la partie centrale et les prolongements. Cette coque est aussi entièrement cellulosique. Le protoplasma est localisé, au stade observé du moins, dans la partie centrale. Il a une forme allongée fusiforme, il est fixé d'un côté par un pied qui vient s'attacher à la base d'un des prolongements. Le protoplasma remplit presque entièrement la partie centrale, il se termine du côté opposé au pied par une extrémité arrondie. Il possède un chromatophore vert-jaune en forme de ceinture oblique. Le protoplasma clair renferme plusieurs inclusions réparties dans toute sa masse. Je n'ai vu ni vacuole ni vésicule contractile ; par contre on trouve un stigma rouge allongé dans la partie antérieure et sans contact avec le chromatophore. Je n'ai pas réussi à voir de flagellum. Vu sa grande ressemblance

avec *Dinobryon* il est peu probable que cette absence soit réelle. Dans l'état où je les ai observées, les cellules étaient complètement immobiles, les protoplasma cependant exécutaient de faibles mouvements. La présence de flagellum établirait du même coup la présence d'une ouverture à l'extrémité d'un prolongement au moins. Déjà la présence d'un stigma ferait incliner pour cette solution. Je ne puis malheureusement rien ajouter quant au développement de ce nouvel organisme.

Position systématique: Ce nouveau genre **Styloceras** doit se classer aussi dans le groupe des Lepochromonadinées. Sa place est évidemment voisine du genre *Dinobryon*.

Habitat: Je n'ai rencontré cette forme qu'à la surface et seulement dans une pêche au mois de février.

Diagnoses :

Styloceras nov. gen. *Lepochromonadinearum*. L. Reverdin.

Cellulae libere natantes fusiformes rectae, appendicibus cylindricis. Contentus cellulae in parte inflata. Chromatophorum unicum luteo-viride, granula magnitudine varia, sparsa.

Styloceras longissimus nov. spec. L. Reverdin.

Characteres generis. Diam. partis inflatae brevius 4 *u*, longius 52 *u*; longitudo appendicum 52 *u*.

Hab. : libere natans in lacu genevensi haud procul a superficie.

3° **Dinobryon campanuliformis** nov. spec. L. Reverdin (planche 1, fig. *g*).

Dans une pêche du 12 juillet 1918 j'ai découvert plusieurs exemplaires de cette nouvelle espèce. Il s'agit ici de formes libres vivant isolément. La coque est d'une régularité parfaite. Sa longueur est de 30-32, la partie large se termine assez brusquement par une pointe très fine à la base, l'ouverture est très largement évasée, son diamètre mesurant 14-16. La partie basale atteint environ le tiers de la longeur totale.

Le protoplasma est ovale. Il est fixé à la partie postérieure par un court filament s'insérant latéralement sur le pied. Le chromatophore simple vert-jaune se trouve dans la partie antérieure et est muni d'un stigma court. Le petit flagellum partant d'un point voisin du stigma n'atteint pas l'ouverture de la coque, le grand flagellum la dépasse légèrement.

J'ai pu suivre l'émigration du protoplasma hors de sa coque. Les flagellum avaient disparu, le protoplasma quitte la coque en s'arrondissant en entraînant le filament fixateur; cette sortie s'effectue en quelques secondes et l'on voit bientôt à côté de la coque vidée, une cellule ronde de 8,1 de diamètre munie d'un court filament immobile qui n'est que le pédoncule fixateur.

J'ai trouvé cette nouvelle espèce dans d'autres pêches durant le mois de juillet, soit entre le Port-Noir et l'Ariana soit en face d'Hermance dans les pêches du 21 et du 23 juillet.

Diagnose :

Dinobryon campanuliformis nov. spec. L. Reverdin.

Lorica campanuliformis regularis. Longitudo 30-32, diametrum oris 14-16 *u*. Cellulae libere natantes. Cilia quam cellula profondius inclusa breviora orem loricae haud superantia vel olim vix superans. Contentus cellulae ovalis lateraliter pedicello brevi affixus.

Hab.: Libere natans in lacu genevensi haud procul a superficie.

4° **Dinobryon elegans** nov. spec. L. Reverdin
(planche 1, fig. *h*).

J'ai rencontré cette nouvelle forme dans une pêche du 18 juillet 1918 entre le Port-Noir et l'Ariana.

Comme l'espèce précédente, il s'agit aussi d'un organisme libre isolé dont le contour est très simple. La coque forme une trompe qui va en s'élargissant progressivement; ses côtés sont légèrement concaves, l'élargissement s'accusant vers l'ouverture. La longueur est de 3,8, la largeur de l'ouverture est de 11. Le protoplasma de forme fusiforme vient se fixer à l'extrémité de

la coque par un prolongement très ténu qui va en s'amincissant peu à peu. Il s'arrête bien avant l'ouverture. On y voit un beau chromatophore en ceinture diagonale terminé au sommet par un stigma. Au centre du pratoplasma se trouvent deux vésicules contractiles fonctionnant alternativement toutes les 3 secondes. Les deux flagellum ne sortent pas de l'ouverture, le plus court part du stigma.

Cette espèce est plus rare que le *Dinobryon campanuliformis*, je ne l'ai plus rencontrée dans d'autres pêches.

Diagnose :

Dinobryon elegans nov. spec. L. Reverdin.

Lorica auguste infudibuliformis elongata ab ore expenso sensim et regulariter attenuata. Longitudo 38 *u* diam. oris 11 *u*. Cilia inclusa i-e quam cellula breviora et loricae orem vix vel non attingentia. Cellulae libere natantes. Contentus cellulae fusiformis pedicello tenui ad basim loricae affixo.

Hab. : Libere natans in lacu genevensi haud procul a superficie.

5° **Dinobryon urceolatum** nov. spec. L. Reverdin
(planche 1, fig. *i, j, k*).

C'est durant le mois de juin 1918 que j'ai découvert cette nouvelle espèce. L'enveloppe cellulosique très fine est en cloche largement ouverte, son sommet peut être plus ou moins obtus, dans ce cas la cloche devient ogivale ou en forme de pain de sucre. Sa largeur est un peu plus faible que sa hauteur qui est d'environ 9 à 11. Le flagellé est fixé au sommet de la cloche par un pédicelle très fin qui prolonge le corps en forme de massue. Les dimensions du pédoncule varient de 6 à 9 ; celles du corps lui-même de 6 à 8 pour la longueur sur 4 de largeur. Le corps présente un métabolisme particulier ; à côté de changements lents de la cellule on voit apparaître de temps en temps un ou deux courts pseudopodes massifs à sa partie antérieure (planche 1, fig, *i*).

Le protoplasma est pourvu de nombreuses granulations. Le

chromatophore unique est en plaque allongée dans l'axe du corps, il présente en avant un stigma rouge en bâtonnet. C'est de ce stigma que part le flagellum court, on voit très nettement dans cette espèce que le petit flagellum prend naissance sur le stigma, après avoir traversé un petit espace dans le protoplasma, il perce la fine membrane pour venir s'agiter à l'extérieur. Le grand flagellum est très visible, il sort directement du protoplasma à une faible distance du petit flagellum ; il est très long, jusqu'à 13, il est assez épais et paraît presque cylindrique ; ses mouvements sont composés d'une série d'ondulations assez rapides. J'ai toujours trouvé deux vésicules contractiles placées au milieu de la cellule et rapprochées de la membrane du côté opposé au chromatophore. Leurs mouvements alternant s'effectuent toutes les 4 à 5 secondes.

Il arrive de temps en temps que le flagellé se contracte brusquement au fond de sa cloche (planche 1, fig. *k*).

Le flagellé se présente alors sous une forme sphérique maintenu par le pédoncule rétracté, les deux flagellum ne sont plus visibles dans cet état.

La locomotion de cette espèce est lente, les mouvements du grand flagellum sont sans doute moins puissants que chez les *Dinobryon;* la forme en cloche de la coque doit aussi présenter une grande résistance relative à la progression en avant. Il me semble que cette cloche doit servir sans doute de flotteur à la manière d'un parachute. Cette espèce est rare, je ne l'ai pas revue depuis.

Diagnose :

Dinobryon urceolatum nov. spec. L. Reverdin.

Lorica late cupuliformis ore haud expansa basi vix acuta vel subobtusa, lateraliter visa ogivalis ; longitudo. 9-11 μ ; contentus cellulae pedicello subaeque longo basi affixus, interdum sub amoeboideus, a lorica late dissitus ejus apex orem cupulae attingens ; cilia pro rate longa exserta, majus cellulam pedicello adjuncto longius paululum. Cellulae libere natantes.

Hab. : Libere natans in lacu genevensi haud procul a superficie.

Les trois espèces nouvelles décrites : *Dinobryon campanuli-*

formis, elegans, urceolatum rentrent toutes dans la section Dinobyopsis caractérisée par les formes libres et isolées.

Je les ai toujours rencontrées à l'état d'individus libres. En supposant même que des formations en colonies soient rencontrées un jour ou l'autre, cela n'enlèverait rien à ces découvertes, vu qu'on ne connaît pas jusqu'ici de formes semblables dans la section Eudinobryon.

6° **Hyalobryon cylindricum** nov. spec. L. Reverdin (pl. 1, fig. *l, m*).

C'est dans le courant du mois de juillet 1918 que j'ai rencontré ce flagellé pour la première fois, en face d'Hermance. Ce qui m'a frappé tout d'abord c'est la pâleur des individus et la grande délicatesse de leurs coques cellulosiques. Sans l'emploi de colorant je n'avais vu qu'un tube droit sans élargissement à son sommet, par contre à la base il était dilaté pour se terminer ensuite brusquement par une courte pointe.

Ces individus étaient groupés autour d'une petite masse mucilagineuse qui leur servait de support. Par l'emploi du bleu de méthylène les coques prennent une superbe coloration rouge, on voit nettement alors que l'enveloppe n'est pas aussi simple qu'on aurait pu le croire sans l'aide d'un réactif; le contour paraît denté, ces petites dents sont bien marquées à la base et diminuent progressivement, le sommet de la coque en étant dépourvu; on en compte environ 12 à 15 sur le côté de l'enveloppe. On voit par là qu'on est en face d'un *Hyalobryon.* La longueur de la coque va de 27 à 32. L'ouverture mesure 5 de diamètre, la partie la plus large de la base étant une fois et demie plus grande.

Le flagellé est maintenu au fond de sa coque par un fin pédicelle contenu dans la partie basale élargie; le corps lui-même est cylindrique et remplit presque complètement le tube cellulosique dont il atteint à peu près l'ouverture.

Il est très difficile, vu la petitesse et la pâleur de cet organisme de fixer une limite à un chromatophore, tout le contenu en effet est coloré en un vert-bleu pâle qui contraste évidem-

ment avec ce qu'on s'attendait à voir chez un *Hyalobryon.* Le protoplasma a un aspect granuleux, on y rencontre de nombreuses inclusions ; je n'ai pas réussi à voir un stigma, sur certains individus seulement j'ai trouvé une seule vésicule contractile effectuant ses mouvements en 3 secondes ; à la partie antérieure se trouvent deux minces flagellum ; le plus grand dépassant largement l'ouverture est environ deux fois plus court que la cellule sans son pédicelle, le petit très court est difficilement visible. A côté des flagellum, qui paraissent des productions fixes, j'ai vu plusieurs fois le protoplasma de la partie antérieure émettre de fins pseudopodes filiformes momentanés, qu'on pourrait prendre pour des flagellum à première vue (pl. 1, fig. *m*). J'ai retrouvé plusieurs fois ce *Hyalobryon* dans mes pêches planctoniques au mois de juillet jusqu'au milieu d'août. Je l'ai toujours rencontré sous la même forme que celle décrite ci-dessus ; dans deux individus cependant j'ai trouvé un chromatophore mieux défini, en forme de plaque pariétale très pâle aussi.

Les individus se trouvent toujours soit isolés, soit par petits groupes de 4 à 8 cellules fixées sur un substratum commun. Il est difficile de dire actuellement si ces petits flocons mucilagineux, sur lesquels ils sont fixés, sont sécrétés par eux-mêmes ou si ce sont des matières en suspension (pl. 1, fig. *m*).

Je ne l'ai jamais rencontré fixé sur d'autres algues planctoniques.

La forme qui lui serait la plus voisine est le *Hyalobryon Voigtii* Lemmermann ; mais cette espèce en diffère par plusieurs caractères, elle possède un pédoncule fixateur à la base, le tube va en se rétrécissant de la base à l'ouverture, le flagellé court est retenu à la base non dans le fond mais sur un côté par son pédoncule, le chromatophore simple ou double est muni d'un stigma.

Diagnose :

Hyalobryon cylindricum nov. spec. L. Reverdin.

Lorica insconspicua, latere visa cylindrica dein dilatata et breviter abrupte attenuata i-e basi rhomboidali dilatata tubum cylindricum formans supra basin acutam extus denticulata, denticulis in quoque latere 12-15 a basi sensim minoribus in imo

tubo deficientibus. Longitudo 27-32 *u* diam. 5 *u* in parte basilare 7,5 *u*. Contentus cellulae cylindricus aeruginosus, chromatophorum obseletum indistinctum pallidum. Cellulae libere natantes vel mucilagini consociatim divergentes affixae.

Hab. : in lacu genevensi haud procul a superficie.

7° **Uroglenopsis apiculata** nov. spec. L. Reverdin (planche 1, fig. *n, o, p, q, r*).

Dans le produit d'une pêche du 8 juillet 1918, faite entre le Port-Noir et l'Ariana, mon attention se porta sur un petit groupe figuré à la planche 1 (fig. *n*).

A côté d'un groupe de 4 petites cellules se trouvait un individu de dimensions plus grandes, ces 5 cellules réunies dans une gelée commune étaient entraînées toutes ensemble dans une direction quelconque. La forme de chaque cellule était très typique. La longueur est de 8 et la largeur de 6. La partie postérieure se rétrécit en pointe, la partie antérieure est plus ou moins acuminée, le contour de l'extrémité postérieure est parfaitement lisse, au contraire le contour de la partie antérieure semble un peu granuleux. Dans chaque cellule se trouve un petit chromatophore en plaque appliqué sur le côté le plus bombé de la cellule dans sa partie antérieure, il se termine par un stigma presque cubique. Le protoplasma est divisé en deux parties très distinctes; la partie postérieure est complètement transparente, on n'y voit aucune granulation. Cette partie correspond environ au $^1/_3$ postérieur de la cellule; dans la partie antérieure au contraire se rencontrent de nombreuses petites inclusions. C'est sans doute à cette différence de constitution que correspond la différence d'aspect de la membrane entre la partie antérieure et la partie postérieure. Chaque cellule est munie de deux flagellum, un long atteignant la longueur de la cellule ou la dépassant légèrement; ce grand flagellum sort directement du protoplasma; le second quatre à cinq fois plus court prend naissance au stigma. Les vésicules contractiles font défaut. Le grand flagellum bien visible est très mobile. La grande cellule présentait les mêmes caractères que les 4 petites. Je ne peux

rien ajouter sur le sort de cette colonie et de la grande cellule en particulier. Il est probable qu'elle devait donner naissance à 4 zoospores, mais ce n'est là qu'une hypothèse. Je serais demeuré fort embarrassé devant cette seule observation si de nouvelles recherches n'étaient venues compléter cette découverte.

Subitement deux mois après, dès le 6 août 1918, j'ai retrouvé

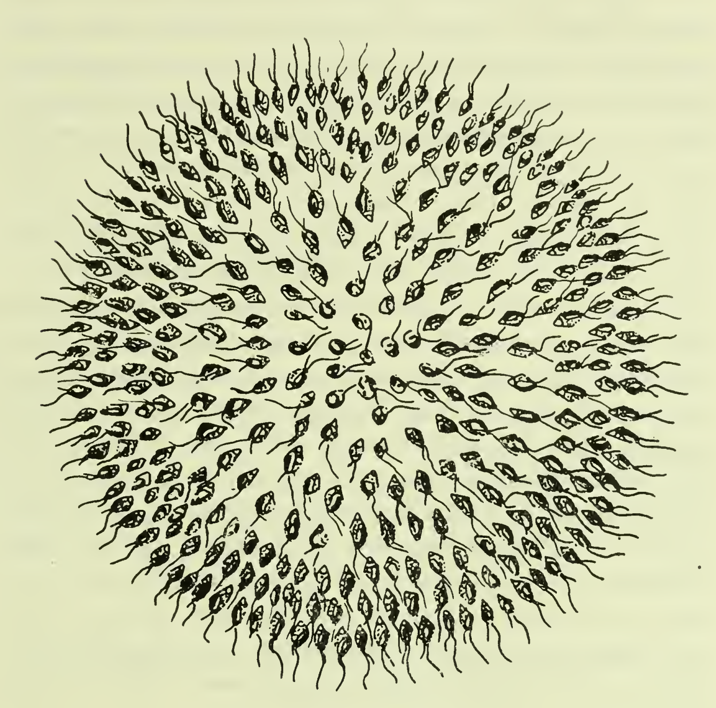


Fig. 30. — **Uroglenopsis apiculata.**

la même espèce en grande abondance ; dès ce moment je l'ai récoltée jusqu'au 19 août, depuis lors je ne l'ai plus rencontrée [1].

Durant cette période j'ai observé soit des individus isolés, soit de superbes colonies en cercle (fig. 30).

Au premier abord j'avais cru que j'avais affaire à des colonies

[1] J'ai retrouvé une colonie d'une douzaine de cellules dans le produit d'une pêche du 12 mai 1919.

sphériques comme celles décrites pour *Uroglena* et *Uroglenopsis*, Je me suis vite rendu compte que cela n'était point, les colonies sont sur un plan ou parfois en forme de vaste calotte. Le diamètre de ces colonies est variable, j'en ai rencontré qui mesuraient 108, 150, jusqu'à 300. Le nombre des cellules est aussi variable, dans quelques colonies jusqu'à 600.

A côté de ces colonies parfaitement régulières, j'ai trouvé plusieurs fois des colonies en plaques irrégulières dont la fig. *o*, planche 1, représente un fragment. L'orientation générale des cellules est la même, le chromatophore est presque toujours du même côté. Les dimensions des cellules sont un peu plus grandes que chez celles observées au mois de juin, longueur 10,8, largeur 6,4. J'ai pu observer dans plusieurs colonies des phénomènes de division. (Planche 1, fig. *p, q, r*). On voit tout d'abord apparaître un nouveau stigma sur le bord du chromatophore, il est le produit d'un néo-formation et apparaît à une place non définie (fig. *p*), après division du chromatophore (fig. *q*), il y a bipartition du protoplasma dans le sens longitudinal. Une des cellules conserve les deux flagellum tandis que deux autres naissent à nouveau sur la seconde cellule (fig. *r*). Peu à peu les deux cellules s'écartent l'une de l'autre. Il est probable que cet écartement est dû à la sécrétion d'une gelée ou à la transformation de la lamelle moyenne de séparation en une couche mucilagineuse. Il est nécessaire d'employer un colorant, en l'espèce une solution de bleu de métylène pour découvrir cette gelée dans laquelle baignent les cellules. Par l'emploi de ce colorant, on voit nettement apparaître un réseau coloré en violet englobant les cellules.

Position systématique: Jusqu'ici on avait signalé dans les eaux du Léman, parmi les Ochromonadinées en colonies, que le genre *Uroglena* représenté par l'espèce *Uroglena Volvox* Ehr.

Pour ma part, je ne l'ai pas encore rencontrée dans mes pêches planctoniques. L'étude de la composition et de la formation des colonies de ce genre est encore très discutée, cependant la scission du genre *Uroglena* en deux genres *Uroglena* Ehr. et *Uroglenopsis* Lemm., due à Lemmermann, semble justifiée. Il me paraît logique de faire rentrer l'espèce décrite dans le genre *Uroglenopsis* Lemm. quoique la forme de ses colonies soit diffé-

rente de celle des *Uroglenopsis* décrite jusqu'ici qui sont toujours en sphères ou en ellipsoïdes.

Je crois qu'il ne faut pas attacher une trop grande importance à la forme des colonies, il se pourrait fort bien que dans mon espèce on ait affaire à une disposition spéciale favorisant la flottaison en plein lac.

Les caractères énumérés ci-dessus en font une espèce très distincte de celles décrites jusqu'ici parmi les *Uroglenopsis* à chromatophore unique. C'est dans le voisinage de l'*Uroglenopsis americana* Lemmermann qu'il faut placer cette nouvelle espèce sous le nom d'*Uroglenopsis apiculata,* L. Reverdin.

Diagnose :

Uroglenopsis apiculata nov. spec., L. Reverdin.

Cellulae ovoideae asymetricae basi breviter sed distinte acutae. Longitudo 8-10 μ, diam. 6-6,5 μ. Chromatophorum unicum parvulum in parte anteriore situm olivaceum ; stigma unicum, vesicula contractilis nulla. Cellulae tum libere natantes tum saepius aggregatae, coloniae (4-600 cellulis) planae disciformes, diam. 20-300 μ ambitu variae orbiculares vel aliae irregulares. Cellulae mucilagine hyalino aggregatae.

Hab. : in lacu genevensi haud procul a superficie.

8° **Chrysococcus reticulatus** ? nov. spec., L. Reverdin (planche 1, fig. *s*).

J'ai rencontré de la forme délicate représentée par la fig. *s*, planche 1 trois exemplaires dans une pêche du 25 juin 1918 et deux exemplaires dans une pêche du 14 août 1918 au large de Versoix, les trois premiers récoltés entre le Port-Noir et l'Ariana.

La cellule est sphérique, son diamètre mesurant de 15-16. Elle est entourée d'une enveloppe cellulosique très fine, présentant à sa surface un épaississement en forme de large réseau dont les mailles sont irrégulières, les unes hexagonales, d'autres pentagonales, d'autres enfin plus ou moins rectangulaires. Ce

réseau ne forme pas d'épaississements spéciaux au point de jonction. La cellule est munie d'un petit tube cylindrique d'une longueur de 5 et large de 3 ; ce tube est de nature cellulosique. Certaines cellules présentaient du côté opposé au tube quelques courtes épines cellulosiques dérivant du réseau (fig. *s*) ; d'autres en étaient dépourvues. Le contour de la cellule ne forme pas un cercle parfait mais est légèrement polygonal. Le protoplasma remplit complètement la cellule en formant une légère protubérance à la base du tube ; on y trouve deux chromatophores vert-jaunâtres aux contours arrondis situés dans la partie inférieure. A côté d'une ou deux grosses vacuoles on trouve de nombreuses inclusions de taille variable sous formes de petites gouttelettes huileuses. Je n'ai constaté ni stigma ni vésicules contractiles. A part la saillie du protoplasma à la base du tube, je n'ai pas non plus observé de flagellum.

Position systématique: Parmi les formes décrites jusqu'ici il me semble que c'est dans le genre *Chrysococcus* Klebs, qu'il faut placer ce nouvel organisme. Je crois pourtant que cette attribution n'est pas définitive aussi je fais suivre le nom de **Chrysococcus reticulatus** d'un gros point d'interrogation. Il se pourrait fort bien que ce nouvel organisme ne soit qu'une forme enkystée d'une Chrysomonadinée déjà connue ou à découvrir ; la forme des kystes de l'*Uroglena volvox* Ehr., rend vraisemblable cette supposition. Si son attribution au genre *Chrysococcus* se confirme, cette nouvelle espèce se rapprocherait du *Chrysococcus Klebsianus* Pascher dont la coque cellulosique percée d'un pore est munie d'épaississements en perles réunies entre elles par un fin réseau ; son diamètre de 13-16 est voisin de celui du **Chrysococcus reticulatus**, par contre il s'en éloigne par la présence d'un stigma, d'un flagellum, de deux vésicules contractiles et par la position de ses deux chromatophores.

Diagnose :

Chrysococcus reticulatus ? nov., spec. ? L. Reverdin.

Lorica subsphaerica, regulariter exsculpta, areolis 4. 5, 6, gonis, diam. 15-16 *u* interdum processubus conicis acutis brevibus sed raris post. spinulosa ; tubo superposito diametrum

sphaerae triplo breviori. Contentus cellulae sphaericus loricam impleens in basin tubi umbone levi prolongatus.

Chromatophora bina luteo-viridia olivacea in parte posteriore sita ; vesicula hyalina 1-2, contractiles nullae, stigma deest.

Hab. : Libere natans in lacu genevensi haud procul a superficie.

9° **Mallomonas elongata** nov., spec. L. Reverdin.

Cette espèce est très répandue dans les premiers mois de l'année, de janvier à avril. C'est un grand Mallomonas cylindrique (fig. 31). Sa longueur va de 54-65 et sa largeur de 11-13,5. L'extrémité postérieure est arrondie, l'antérieure en cône obtus.

Le corps est recouvert de nombreuses grandes aiguilles de 30-70 atteignant ou dépassant même la longueur du corps ; la répartition de ces aiguilles est assez stable, en général très nombreuses à la partie antérieure ; leur nombre va diminuant sur la partie postérieure, il n'y en a plus à l'extrémité même. Celles qui sont sur les côtés sont les plus longues. Il est nécessaire d'employer un objectif à immersion pour étudier le détail des plaques recouvrant la membrane, cette étude est rendue plus facile lorsqu'on s'adresse à des coques vidées de leur contenu protoplasmique. La fig. 31 représente un exemplaire examiné sans le secours d'une immersion avec un objectif Leitz N° 7 ; l'enveloppe montre un aspect réticulaire à mailles polygonales, l'orientation de ces polygones est légèrement oblique par rapport au grand axe du corps. En travaillant avec une immersion on voit que cette apparence est due à la présence de plaques représentées à la figure 32 dans leur position normale. Elles sont en forme de larges polygones dont le grand axe mesure environ 4,5 ; la plus grande partie de ce polygone est inscrite dans un ovale, la partie libre du polygone se termine par un repli arrondi recouvrant une partie de la plaque. Ces plaques disposées en séries obliques sont voisines les unes des autres, cependant elles ne chevauchent que très légèrement entre elles. Le repli est surtout accusé sur les plaques de la partie antérieure du corps, c'est à eux qu'est dû l'aspect crénelé de cette partie. Les figures 33, 34, 35 montrent trois plaques examinées dans cette région ; une vue de face (fig. 33), on voit sur

le repli un petit prolongement cylindrique sur lequel vient se fixer l'aiguille ; une latérale à droite (fig. 34), la plaque apparaît en coupe, sa section en grisaille montre ses bords légèrement relevés, le repli sur lequel s'insère l'aiguille par l'intermédiaire

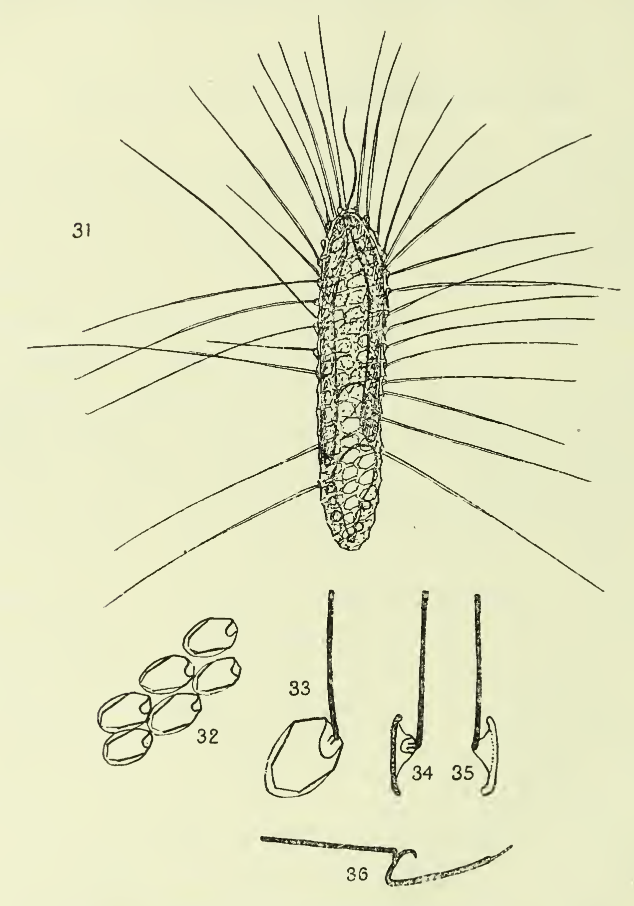


Fig. 31 à 36. — **Mallomonas elongata**

du petit prolongement signalé est vu du côté interne ; la dernière latérale à gauche (fig. 35), le repli est vu de dos, son petit prolongement n'est plus visible et l'aiguille semble partir du bord du repli. J'ai représenté à la figure 36 une vue schématibue figurant la coupe d'une plaque portant une aiguille ; la partie

extrême plus mince correspond à l'extrémité de l'ovale, le repli, légèrement recourbé à son extrémité est muni de son petit prolongement cylindrique sur lequel vient s'articuler l'aiguille.

Les aiguilles assez épaisses sont droites ou dans quelques cas légèrement courbées, elles sont parfaitement lisses jusqu'à leur extrémité, elles viennent se fixer ou plutôt s'articuler sur le petit pied dérivant du repli des plaques. Sur des plaques isolées, en effet, j'ai remarqué que les aiguilles pouvaient pivoter au sommet de leur pédicelle, j'ignore quel en est le mode d'attache ; je n'ai pas pu constater sur des individus vivants de mouvement des aiguilles, cependant, à côté d'individus présentant une orientation régulière de leurs aiguilles j'en ai rencontré d'autres chez lesquels les aiguilles avaient une orientation variée ; les unes dirigées en avant, d'autres en arrière, d'autres enfin perpendiculaires aux côtés. Ces variations sont-elles dues à une certaine mobilité des aiguilles ou ne sont-elles qu'accidentelles ? Cette question reste encore pendante.

Dans le protoplasma très clair on trouve un grand chromatophore allongé allant de la partie antérieure jusqu'au tiers postérieur, il est en forme de lame pariétale occupant les $^3/_4$ de la circonférence, suivant sa position il semble que l'on ait affaire à deux chromatophores ; sa couleur est vert-jaune clair. La partie postérieure renferme une grosse masse de leucosine. Les vésicules contractiles au nombre de 6 à 8 forment un système complexe localisé à l'extrémité postérieure. Le flagellum 3 à 4 fois plus court que la cellule sort à travers un espace ménagé entre les plaques antérieures. Je n'ai pas observé de stigma coloré, cependant j'ai remarqué sur certaines cellules un petit corps en bâtonnet et très réfringent sur lequel viendrait s'insérer le flagellum (fig. 31, 37, 38, 39).

Le développement des *Mallomonas* est très mal connu, sur ce point malheureusement mes recherches n'ont pas été très fructueuses ; avant d'en exposer les résultats je voudrais attirer l'attention des observateurs sur un fait qui me paraît assez important, c'est la nécessité qu'il y a d'étudier les *Mallomonas* dans du matériel fraîchement récolté. La fragilité des *Mallomonas* est extrême, si l'on examine du plancton riche en *Mallomonas elongata*, par exemple 24 heures après la pêche, on aura beau-

coup de peine à les retrouver sous leur forme typique; ils se déforment complètement, de cylindriques qu'ils étaient ils deviennent ovoïdes ou même sphériques, les aiguilles se détachent (fig. 37, 38, 39). Une personne non avertie les prendrait pour des formes différentes ; seule l'étude du matériel frais évitera de pareilles méprises. Ces constatations ont tout de même un

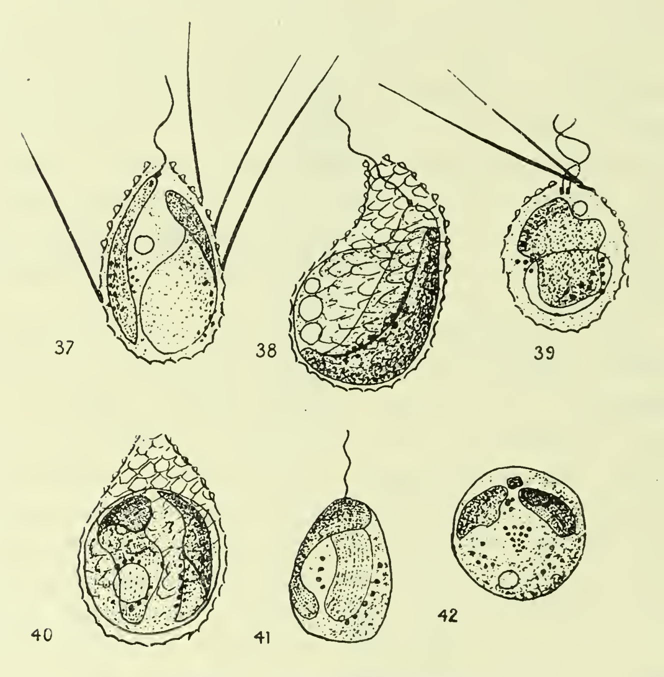


Fig 37 à 42. — **Mallomonas elongata.**

certain intérêt, elles nous montrent chez ces *Mallomonas* une malléabilité assez prononcée par ce phénomène de métabolisme. A côté des cas où l'enveloppe se déforme, on peut aussi rencontrer des cas où elle s'est déchirée, le protoplasma étant ainsi mis en liberté sous la forme ovoïdale en général; ces cellules nues (fig. 41), munies de leur flagellum se meuvent encore quelque temps pour finir par se détruire en éclatant.

Parmi les nombreux individus observés j'en ai rencontré un,

représenté à la figure 39, qui était muni de deux flagellum très distincts, leurs mouvements étaient assez accusés et indépendants l'un de l'autre ; chacun des flagellum prenait naissance sur un petit corpuscule réfringent déjà signalé ; j'ignore quel fut le sort de cette cellule mais je pense qu'il s'agissait d'un phénomène préparatoire en vue d'une division.

Les figures 38, 40, 42, montrent divers stades dans la formation des kystes. Le protoplasma se contracte en une sphère entraînant une déformation de la membrane, on voit alors nettement que le flagellum sort à travers un espace sans plaque (fig. 38), les vésicules contractiles sont encore visibles, puis le flagellum disparaît, la forme devient complètement sphérique, le chromatophore se divise ; à côté de nombreuses gouttelettes se trouve en général une grosse masse de leucosine en sphère (fig. 40). Le diamètre de ces kystes est d'environ 24. Il arrive que la membrane se désagrège, j'ai rencontré plusieurs fois des kystes complètement nus (fig. 42).

Position systématique: La classification des espèces du genre *Mallomonas* n'est pas chose aisée. La délimitation basée sur la forme du corps ou sur la répartition des aiguilles est peu sûre.

Les caractères les plus importants doivent être recherchés dans la forme des aiguilles, dans la forme et dans l'orientation des plaques, mais cette étude surtout en ce qui concerne la forme des plaques n'a pas été poussée assez à fond jusqu'ici la longueur du flagellum paraît aussi fournir des indications précieuses. En mettant de côté la forme spéciale des plaques de ce nouveau *Mallomonas,* étant convaincu que celle des espèces déjà décrites n'ont pas été observées avec assez de soin et qu'une comparaison n'est pas possible, cette espèce rentre par ces autres caractères dans le groupe comprenant *Mallomonas akrokemos* Ruttner ; *M. alpina* Pascher et Ruttner; *M. helvetica* Pascher ; *M. tonsurata* Teiling ; *M. producta* Iwanoff. Elle se rapproche par sa forme du *Mallomonas producta* Iwanoff, par la position de ses aiguilles et l'orientation de ses plaques du *Mallomonas alpina* Pascher et Ruttner et du *Mallomonas helvetica* Pascher.

Comme il existe déjà un *Mallomonas cylindracea* Pascher j'ai

choisi le nom de **Mallomonas elongata** nov. spec. pour désigner cette nouvelle forme.

Diagnose :

Mallomonas elongata nov., spec. L. Reverdin.

Cellulae longe cylindricae, pars posterior obtusa, anterior minus obtusa. Longitudo 50-65 μ diam 11-13,5 μ. Squamae polygonales ellipsis marginatae obliquae seriatim dispositae. Spinae rectiusculae vel lenter arcuatae in parte anteriore et lateraliter sitae. Chromatophorum unicum elongatum ; flagellum 10-15 μ long ; vesiculae contractiles 6-8 postive sitae.

Hab. : Libere natans in lacu genevensi haud procul a superficie.

10° Chrysamoeba helvetica nov., spec. L. Reverdin.

Dans le produit de mes pêches effectuées durant le mois de juillet 1918, les 12, 15, 18, 21, 22, 23, les unes entre le Port-Noir et l'Ariana, celles des 21, 22 et 23 en face d'Hermance j'ai trouvé en abondance une nouvelle forme intéressante représentée dans les figures 43-62.

Dans la grande majorité, les cellules se présentent à l'état isolé, elles sont de petites dimensions allant de 10 à 14 sans les pseudopodes. Elle est fortement métabolique, sa forme change rapidement ; sphérique (fig. 43, 44), elle émet de gros pseudopodes courts (fig. 45-50-56), ou de fins pseudopodes très délicats (fig. 52-55), ou même les deux à la fois (fig. 51, 52). Les pseudopodes fins peuvent être séparés les uns des autres ou former de petits groupes de 3 ou 4 partant d'une base commune (fig. 52, 55). Ces pseudopodes sont généralement droits et vont en s'amincissant progressivement, pourtant sur certains individus ils présentent parfois des renflements sur leur parcours (fig. 57). Il est rare de les voir bifurqués ou ramifiés. Leur longueur atteint celle de la cellule. Parfois une cellule étalée se contracte subitement en sphère pour émettre à nouveau des pseudopodes, mais le plus souvent ces changements se font d'une manière insensible, quelques pseudopodes disparaissent à un endroit,

d'autres se reforment à une autre place ; la mobilité des cellules est presque nulle.

A côté des pseudopodes on trouve un flagellum très court. Ce flagellum cylindrique effectue des mouvements ondulatoires d'une manière lente. Je n'ai pas réussi à le constater sur tous les individus ; souvent l'ayant vu sur une cellule un certain temps il m'était impossible de le retrouver quelques secondes

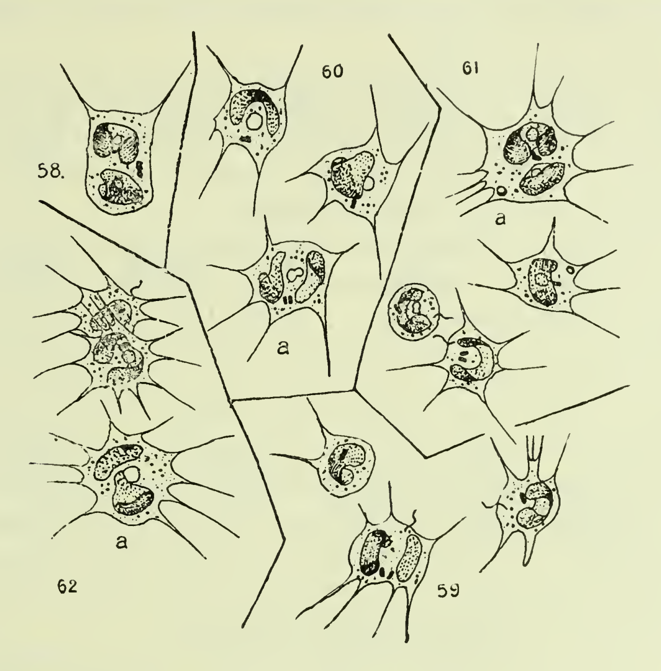


Fig. 58 à 62. — **Chrysamoeba helvetica.**

plus tard ; il est fort probable que ce flagellum n'est pas une formation fixe, que la cellule peut l'émettre ou le rétracter suivant les circonstances. Sa place est pourtant fixe pour un individu donné car il réapparaît toujours à l'endroit où il s'était montré précédemment. Je l'ai constaté maintes fois soit sur la cellule sphérique, soit sur la cellule à pseudopodes courts ou filiformes.

Le protoplasma est très clair, il renferme de nombreuses inclusions réfringentes réparties dans toute sa masse ; chez deux

ou trois cellules cependant j'ai trouvé un espace parfaitement clair (fig. 53, 54) formé sans doute par de la leucosine.

Le chromatophore unique vert-jaune clair est en forme de lame à contour simple plus ou moins recourbée ; il peut prendre dans certains cas une forme de lame spiralée en un tour (fig. 45). Il occupe environ la moitié de la cellule.

Le noyau n'est pas visible dans toutes les cellules. Il est de forme sphérique et occupe une position centrale (fig. 44, 46, 48, 50, 51, 53-55, 58, 60-62).

J'ai eu beaucoup de peine à découvrir les vésicules contractiles, il est probable d'ailleurs que leur fonctionnement n'est pas continuel. Elles sont très petites, leur nombre est variable de 1 à 3. Leur position n'est pas fixe, cependant elles se trouvent toujours à la périphérie du protoplasma.

Sur les individus sphériques j'en ai généralement rencontrées deux voisines l'une de l'autre (fig. 44, 50, 56). Sur les cellules munies de pseudopodes elles se trouvent à la base de ceux-ci (fig. 53, 54, 55, 57). Leurs mouvements s'effectuent en 4 secondes.

Parmi les inclusions renfermées dans le protoplasma, j'ai trouvé dans plusieurs cellules une inclusion beaucoup plus grande que les autres, en forme de petit bâtonnet légèrement coloré, d'une teinte rosâtre et très réfringente (fig. 55, 56, 59-62) ; ce corpuscule voisin du chromatophore est sans doute un stigma, sa manière de se comporter lors de la division rend cette supposition vraisemblable. Je dois pourtant faire remarquer qu'il n'y a pas de relation entre lui et le flagellum.

A côté de nombreuses cellules isolées j'ai rencontré quelquefois de petits groupes formés de 2 à 5 cellules. Ces cellules réunies entre elles par une gelée, dont je n'ai pu déterminer la forme, présentent les mêmes caractères que les cellules isolées, on y trouve cependant plus facilement des états de division dont la description va suivre.

La division s'effectue soit sur les cellules sphériques (fig. 56), soit sur les cellules à pseudopodes. Les cellules qui vont se diviser sont toujours plus grandes que les autres : à la place de cellules de 11 à 13 on a des cellules de 16 à 20. Ces différences de grandeur sont surtout visibles dans les petits groupes sus-mentionnés. Le chromatophore se divise en deux parties égales, il en

est de même du stigma (fig. 56, 60*a*), le noyau à son tour se divise (fig. 60 *a*). Cette division n'est pas toujours aussi régulière ; le stigma par exemple ne se divise souvent qu'après la division du noyau (fig. 61*a*), dans certains cas (fig. 62*a*) le stigma ne s'est pas divisé et reste fixé près d'un des chromatophores. Par un étranglement de plus en plus petit les deux cellules finissent par se séparer complètement. La formation des petites colonies de 3-5 cellules résulte je pense de divisions

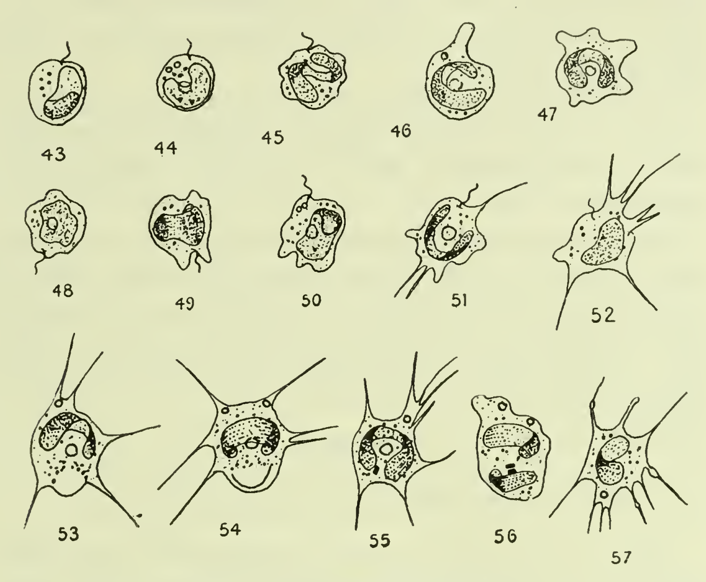


Fig. 43 à 57. — **Chrysamoeba helvetica.**

actives, les cellules restant liées dans une gelée qui en se dissociant peu à peu les libèrera complètement.

Position systématique. La place de ce nouvel organisme est certainement voisine de *Chrysamoeba radians* Klebs. Je ne crois pas qu'il soit nécessaire de créer un genre nouveau malgré les différences qu'il présente par rapport au *Chrysamoeba radians* de Klebs. Nos connaissances en ce qui concerne le groupe des Chrysamonadinées nues rhyzopodiales n'en sont qu'à leur début ; il est probable que plusieurs genres décrits jusqu'ici comme *Rhyzochrysis* Pascher, *Chrysidiastrum* Lauterborn, ne représentent que certains stades de développement de formes plus com-

plexes. En attendant de nouvelles découvertes, il me semble inutile de multiplier par trop le nombre des genres. Cette nouvelle espèce diffère de *Chrysamoeba radians* Klebs par les caractères suivants : Présence d'un seul chromatophore, d'un stigma; très faible longueur du flagellum ; absence d'une grosse vacuole ; en outre *Chrysamoeba radians* se présente nettement sous deux formes, une forme flagellée ovoïdale et une forme rhyzopodiale avec son grand flagellum, chez la forme décrite cette opposition en deux formes n'existe pas d'une manière si accusée, les cellules ne s'arrondissent que pour un temps très court, la forme rhyzopodiale domine.

On pourrait aussi rapprocher cette nouvelle forme du *Rhyzochrysis Scherffelii* Pascher, espèce n'existant qu'à l'état rhyzopodial sans flagellum et dont les pseudopodes filiformes sont beaucoup plus longs.

Je n'ai jamais observé la capture d'une proie par les pseudopodes, il semble que la nutrition holophytique existe seule. On a signalé pour le *Rhyzochrysis Scherffelii* Pascher des cellules sans chromatophores, cellules ainsi conformées après une division ; je n'ai jamais vu un pareil phénomène chez *Chrysamoeba helvetica.*

Diagnose :

Chrysomoeba helvetica nov., spec. L. Reverdin.

Cellulae libere natantes, saepe 3-5 aggregatae, diam. 10-14 *u* amoeboideae ; chromatophorum unicum, cochleare luteo viride ; granula magnitudine varia, sparsa ; flagellum unicum minutum ; stigma roseum : vesiculae contractiles (1-3) minimae ad superficiem locatae.

Hab. : libere natantes in lacu genevensi haud procul a superficie.

§ 2. — Algues vertes.

1° Ankistrodesmus spirochroma[1] nov., spec. L. Reverdin.

Ce nouveau *Raphidium* se distingue très facilement de ceux décrits jusqu'ici par sa forme très caractéristique (fig. 63-75).

Sa longueur moyenne est de 59 et sa largeur de 5,5 ; ses extrémités se rétrécissent brusquement en se prolongeant en une courte pointe hyaline au bout plus ou moins obtus, dans certains cas (fig. 64, 65) les terminaisons ne sont pas aussi brusques, la partie centrale s'atténuant progressivement en pointe. Le chromatophore bien délimité est en bande pariétale d'aspects divers : bande oblique (fig. 66), plaque centrale se divisant en deux bras obliques (fig. 67, 69, 70), bande spiralée à 1, 1 $^1/_2$, 1 $^3/_4$ tour de spire (fig. 63, 64, 68). Le cas le plus fréquent est celui de la bande spiralée. Les extrémités du chromatophore n'atteignent jamais les pointes des cellules ; ses bords, sans présenter de fortes échancrures, sont tout de même plus ou moins sinueux. Leur couleur est d'un beau vert clair brillant. Les pyrénoides peu visibles se laissent facilement déceler sous l'action de l'eau iodée ou du iodure de potassium iodé. Ils sont de petites dimensions, il y en a deux par cellule situés dans les deux bouts du chromatophore (fig. 68, 73).

Le protoplasma remplissant complètement la cellule renferme de nombreuses grosses vacuoles, spécialement aux deux extrémités ce qui lui donne un aspect très particulier trabéculaire. On y trouve quelques inclusions surtout dans les parties les plus vacuolisées.

Le noyau très visible au centre de la cellule est entouré d'une sphère claire dont le diamètre atteint environ le quart de la largeur de la cellule.

La division est du même type que celle décrite pour les autres *Raphidium*. A l'intérieur de la membrane le contenu se divise

[1] Une nouvelle espèce de Raphidium planctonique : Raphidium spirochroma nov., spec. L. Reverdin. *Bulletin de la Société Botanique de Genève.* Vol. IX, 1917.

transversalement en deux cellules filles (fig. 73) qui augmentent de taille, glissent l'une sur l'autre (fig. 75), la membrane mère se gélifiant peu à peu, surtout sur les côtés, les deux cellules atteignent leur forme définitive (fig. 74). A ce stade la membrane mère encore visible aux deux extrémités forme une faible zône gélifiée autour des deux cellules filles ; la gélification se continuant, les deux cellules se séparent complètement (fig. 72).

Dans la grande majorité des cas, il ne se forme que deux cellules, la figure 71 représente une forme rare dans laquelle il y a division en quatre cellules. Il arrive souvent que la séparation des deux cellules filles soit retardée ; les figures 69 et 70 montrent deux exemples de ces cellules qui restent longtemps accolées l'une à l'autre par une extrémité; la formation en V (fig. 70), est fréquemment réalisée, elle est due au changement de position d'une des cellules qui pivote au sommet de l'autre.

Cette espèce se rencontre soit à l'état de cellules isolées soit à l'état de deux cellules plus ou moins séparées; elle ne forme jamais de vastes colonies comme le *Raphidium Braunii var. lacustre* Chodat ou le *Raphidium pyrenogerum* Chodat.

Je l'ai rencontrée dans mes pêches planctoniques entre le Port-Noir et l'Ariana; elle était très abondante durant les mois de janvier à mars 1917 ; je l'ai retrouvée en petit nombre en 1918 durant les mois de juin et juillet et en 1919 en février et mars.

Position systématique. Cette nouvelle espèce rentre dans la série des Ankistrodesmus à pyrénoides soit dans la section Closteriopsis Lemmermann. Cependant la netteté du chromatophore spiralé, la visibilité du noyau, la forme de la cellule font de cet *Ankistrodesmus* une espèce très particulière au milieu des *Ankistrodesmus à pyrénoïdes.* J'ai proposé la création d'une nouvelle section dans le genre *Ankistrodesmus* à laquelle j'ai donné le nom de Spiroraphidiées ou Spiroraphidium, section qui comprendrait les Ankistrodesmus à pyrénoides et à chromatophore bien défini et spiralé comme *Ankistrodesmus spirochroma.*

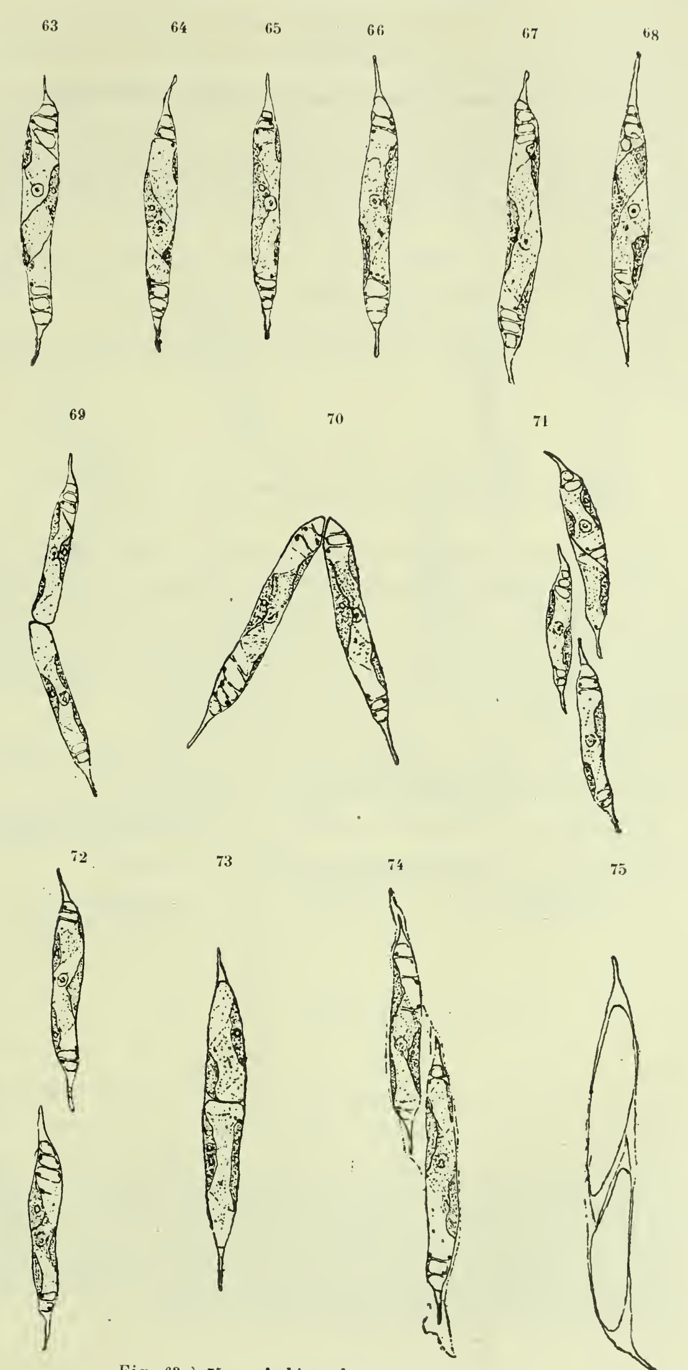


Fig. 63 à 75. — **Ankistrodesmus spirochroma.**

Diagnose :

Ankistrodesmus spirochroma nov., spec. L. Reverdin.

Cellulae libere natantes subcylindrice abrupte attenuatae distincte apiculatae: longitudo 59 *u* diam. 5,5 *u*. Chromatophorum distinctum spiraliter 1-1 $^3/_4$ tortum, 2 pyrenogerum ; vesiculae hyalinae plures subapicibus utrinquae seriatim aggregatae sparsae. Nucleus conspicuus quam diametrum cellulae triplo augustior vel minus. Cellulae nunquam aggregatae.

Hab. : libere natantes in lacu genevensi haud procul a superficie.

2° **Ankistrodesmus genevensis** nov., spec. L. Reverdin.

Dans le courant des mois de janvier et février 1919, j'ai rencontré en assez grande quantité une nouvelle forme de Raphidium (fig. 76-83). La cellule est allongée fusiforme ; l'atténuation en pointe, au sommet obtus, est progressive dans certains cas (fig. 80), mais le plus souvent les côtés de la cellule sont presque parallèles et l'atténuation est plus marquée (fig. 81).

A côté de cellules parfaitement droites on en trouve d'autres légèrement courbées à leurs extrémités (fig. 82).

La largeur des cellules est de 5-5,5. Les mesures de longueur prises sur 70 cellules donnent les résultats suivants :

12	cellules	27,5
12	»	30
7	»	32,4
10	»	35,1
3	»	37,8
17	»	40,5
7	»	43,2
1	»	45,9
1	»	47

Ces différences sont dues au développement plus ou moins avancé des cellules. La longueur moyenne des cellules complètement développées serait de 41. Le maximum allant jusqu'à 47 ; les dimensions de 27,5 à 40 montrent l'accroissement progressif des jeunes autospores jusqu'à l'état normal.

Le chromatophore bien délimité est en plaque pariétale ; il présente une échancrure très nette dans sa partie médiane et va s'amincissant progressivement sur les côtés, il n'atteint jamais l'extrémité de la cellule (fig. 76, 80, 82). J'ai rencontré certaines cellules possédant des chromatophores différant du type habituel : (fig. 77), dans une des autospores il est en plaque

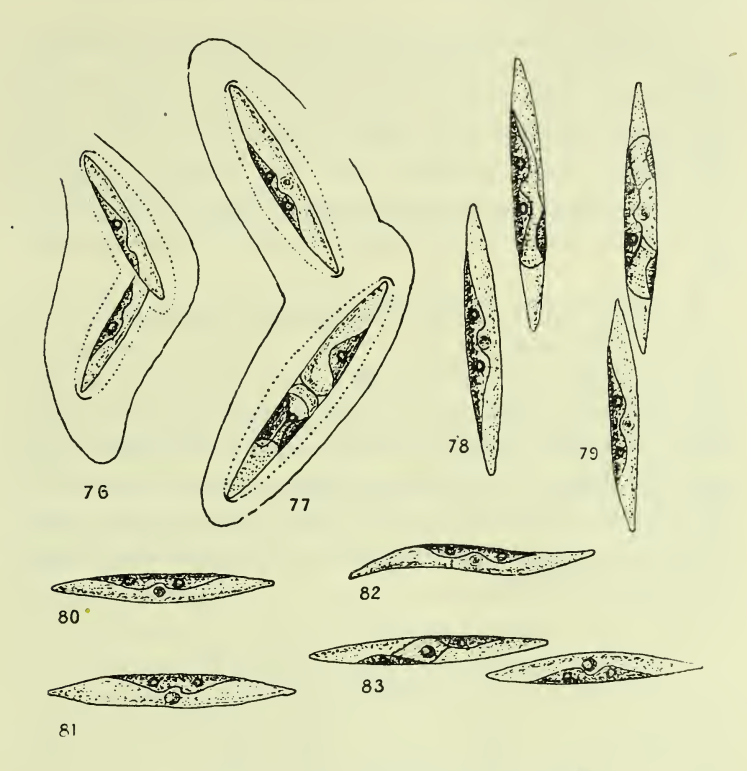


Fig. 76 à 83. — **Ankistrodesmus genevensis.**

pariétale couvrant plus des trois quarts de la circonférence ; (fig. 78), dans une des cellules il s'étend d'un côté seulement ; (fig. 79), dans une des cellules il envoie de chaque côté une expansion oblique, et, pour terminer, le cas très intéressant représenté à la figure 83 ; ici dans une des cellules il est en bande spiralée du même type que ceux décrits pour *Ankistrodesmus spirochroma* L. Reverdin. J'ai toujours trouvé deux pyrénoides, ils

apparaissent comme deux taches claires à l'état naturel ; après l'emploi de l'eau iodée on obtient une forte coloration brun-violet autour de chacun d'eux. Ils sont répartis à droite et à gauche de l'échancrure du chromatophore.

Le noyau bien visible est analogue à celui de *Ankistrodesmus spirochroma.* Le protoplasma très clair ne présente aucune granulation particulière.

Ce Raphidium forme de vastes colonies dans une gelée commune. Le nombre des cellules dans cette gelée est très variable et dépend naturellement des stades de division. Chaque cellule ne donne naissance qu'à deux autospores (fig. 76, 77) ; la gélification de la membrane mère est surtout accusée sur les côtés ; jusqu'à un stade assez avancé dans leur division on trouve aux sommets de la cellule deux petites calottes peu gélifiées.

En examinant du plancton fraîchement récolté j'ai trouvé des colonies renfermant 20 à 40 cellules. Lorsqu'on conserve du plancton et qu'on l'examine après 4 ou 5 jours, les grandes colonies n'existent presque plus. Il s'agit probablement d'une dissolution de la gelée générale, les cellules sont ainsi libérées et l'on peut voir d'après les chiffres ci-dessous que cette libération se fait sous la forme bicellulaire en général ; par exemple l'étude du plancton pêché le 3 janvier, conservé pendant 6 jours, donne les résultats suivants :

Cellules isolées			7 =	10 %
Colonies à	2	cell.	34 =	48,6 %
» »	4	»	20 =	28,6 %
» »	6	»	2 =	2,8 %
» »	8	»	6 =	8,5 %
» »	12	»	1 =	1,5 %

J'ai remarqué dans certains cas que la gelée générale présentait une solution de continuité soit à une extrémité (fig. 76), soit sur les côtés (fig. 77), ces ouvertures permettent la sortie des cellules internes, expulsion passive provoquée sans doute par les pressions dues à la gélification des membranes.

Position systématique. Cette nouvelle espèce rentre dans la section Closteriopsis. Il est nécessaire cependant de faire remarquer que par son noyau très visible et certaines cellules

présentant un chromatophore spiralé cette espèce occupe une place plus ou moins intermédiaire entre la section Closteriopsis et la nouvelle section Spiroraphidium.

Diagnose :

Ankistrodesmus genevensis nov. spec. L. Reverdin.

Cellulae fusiformes imo apice obtusiusculae: longitudo 35-45 *u* diam. 5-5,5 *u*, Chromatophorum parietale medio emarginatum. Nucleus conspicuus quam diametrum cellulae triplo augustior vel minus. Cellulae singulae vel 2-40 muculagine fusiformi aggregatae.

Hab.: in lacu genevensi haud procul a superficie.

3° **Schroederia lanceolata** nov. spec. L. Reverdin.

Dans le courant du mois de juin 1918, j'ai rencontré une dizaine de cellules identiques à celles représentées dans les figures 84-85. Ces cellules toujours isolées sont lancéolées, allongées et se terminent à chaque extrémité par un grand prolongement s'atténuant progressivement en une pointe acérée. La longueur totale varie de 43 à 50, celle de la partie centrale de 16 à 24 et celle des prolongements de 14 à 16. Sa largeur est d'environ 3. Les prolongements sont rectilignes sur une seule cellule (fig. 85) un d'entre eux était légèrement courbé vers l'extrémité.

Vu la finesse des deux prolongements, il est difficile de déterminer où s'arrête le protoplasma ; il remplit certainement une grande partie de ceux-ci. Le chromatophore échancré dans sa partie médiane occupe presque toute la partie large de la cellule et se termine de chaque côté à la base des prolongements. Dans certaines cellules j'ai vu nettement deux pyrénoides (fig. 84) ; dans d'autres un seul (fig. 85). On trouve aussi de nombreuses inclusions localisées à la base des prolongements spécialement. Je n'ai pas réussi à voir le noyau, masqué sans doute par le chromatophore.

Position systématique. Par sa forme générale, cette algue se rapproche de la série *Schroederia setigera* (Schroeder)

Lemm. *Ankistrodesmus setigerus forma minor* G. S. West, *A. nitzschioides* G. S. West, *A. polymorphum var. latum.* Wolosz.

Ses dimensions correspondent à celles de l'*A. setigerus forma minor* G. S. West, mais dans cette espèce il n'y a qu'un seul pyrénoide central. On ne sait rien au sujet des pyrénoides de l'*A. nitzschioides,* espèce chez laquelle les deux prolongements montrent à leurs extrémités une courbure en sens inverse; cependant la forme losangique allongée de sa partie centrale rappelle celle de cette nouvelle espèce qui peut présenter comme je l'ai dit une courbure dans ses prolongements. C'est donc dans le voisinage de *Ankistrodesmus nitzschioides* G. S. West qu'il faut placer cette nouvelle forme sous le nom de *Schroederia lanceolata* nov. spec. L. Reverdin.

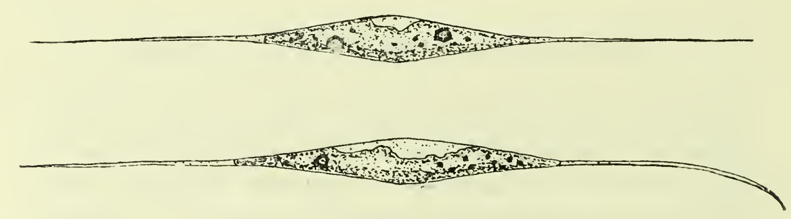


Fig. 84 et 85. — **Schroederia lanceolata.**

Schroeder[1] avait nettement séparé sous le nom de *Reinschiella ? setigera* Schroeder une algue ressemblant aux Raphidium mais présentant à ses deux pôles deux fins prolongements, chaque extrémité se terminant par une soie de 13 à 27.

Lemmermann[2], tout en maintenant cette séparation, fit de *Reinschiella ? setigera* Schroeder *Schroederia setigera* Lemm. Depuis lord G. S. West n'attachant aucune importance à la présence des prolongements sus-indiqués réunit cette espèce aux Ankistrodesmus sous le nom d'*Ankistrodesmus setigerus* (Schroeder) G. S. West. Il décrit deux nouvelles formes, l'une *Ankistrodesmus setigerus forma minor* G. S. West, l'autre *Ankistrodesmus nitzschioides* G. S. West. Je pense que G. S. West a été trop

[1] « Uber das Plankton der Oder. *Bericht. d. Deutsch. Bot. Gesell.* » Bd. XV, 1897, st. 489.

[2] « Beiträge zur Kentniss der Planktonalgen, « *Hedwigia* », Bd. XXXVII, 1898, st. 311.

loin par esprit de simplification ; il est préférable de maintenir le genre Schroederia caractérisé par ses prolongements ; ainsi rentreraient dans le genre Schroederia Lemm. les espèces suivantes :

Schroederia setigera Lemm. (= Ankistrodesmus setigerus G. S. West = Reinschiella ? setigera Schroeder).

Schroederia setigera forma minor (G. S. West) L. Reverdin (= Ankistrodesmus setigerus forma minor G. S. West).

Schroederia nitzschioidea (G. S. West) L. Reverdin (= Ankistrodesmus nitzschioides G. S. West).

Schroederia lanceolata L. Reverdin.

Schroederia lata (Wolosz) L. Reverdin (= Raphidium polymorphum var. latum Wolosz).

Diagnose :

Schroederia lanceolata nov. spec. L. Reverdin.

Cellulae elongatae fusiformes laeviter anguloso medio inflatae, appendicibus acicularibus rectibus interdum laeviter arcuatis prolongatae. Longitudo appendicibus adjunctis 43-50 u diam. partis centralis 3 u longitudo ejus 18-24 u. Contentus cellulae in initio appendicum prolongatus. Chromatophorum medio emarginatum partem mediam inpleens, Pyrenoideae 2 rarius 1 ; granula magnitudine varia, sparsa.

Hab. : libere natantes in lacu genevensi ; haud procul a superficie.

4° **Closteriospira** nov. gen. (Desmidiacée), L. Reverdin [1].
Closteriospira lemanensis nov. spec. L. Reverdin.

Cette superbe algue planctonique ressemblant à un *Spirotoenia* est assez rare, Jusqu'ici je l'ai trouvée durant les cinq premiers mois de l'année dans mes pêches en surface entre le Port-Noir et l'Ariana. Les cellules complètement développées sont nettement fusiformes, s'atténuant progressivement aux deux

[1] Un nouveau genre d'algue (Desmidiacée ?) le Closteriospira par L. Reverdin. *Bull. de la Soc. Botanique de Genève*, vol. IX, 1917.

extrémités terminées par un bout arrondi plus ou moins obtus (fig. 86, 87). Sa longueur varie de 50 à 55 et la largeur de 5 à 6. Le chromatophore vert clair en bande spiralée pariétale décrit 3 à 4 tours et s'arrête brusquement aux deux extrémités à 4 du sommet; sa largeur varie de 5 à 7. Il est difficile de se rendre compte du sens dans lequel il tourne; le plus souvent il va de droite à gauche (fig. 86, 88, 89, 91, 92), mais le sens contraire s'observe aussi (fig. 87, 90). Il possède deux pyrénoides situés sur le premier tour de spire à partir des extrémités; ses bords

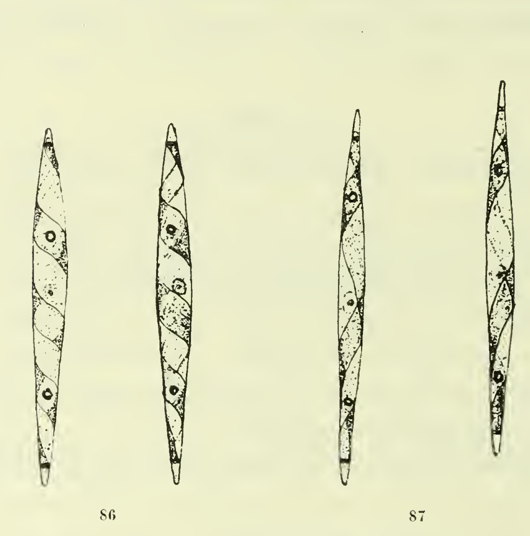


Fig. 86 et 87. — **Closteriospira lemanensis.**

sont droits. Le noyau très visible au centre de la cellule est entouré d'une sphère plus claire dont le diamètre atteint le $^1/_3$ ou même la $^1/_2$ de la largeur. A part les deux extrémités qui sont hyalines, le reste de la cellule renferme un protoplasma clair très finement granuleux. Dans une ou deux cellules seulement il contenait, réparties dans la longueur, une série de petites vacuoles sphériques, à l'intérieur desquelles s'agitait un petit corpuscule; j'ai souvent constaté le même fait soit dans des *Cosmarium* soit dans des *Closterium*.

Comme je l'ai dit, les extrémités du chromatophore sont brus-

ques, elles sont pour ainsi dire coupées transversalement; le bord est fortement réfringent comme s'il contenait un corps cristallin en forme de bâtonnet (fig. 86-91). Seul l'examen a un fort grossissement avec une immersion permet de se rendre compte à quoi est due cette apparence. Qu'il me soit permis ici de remercier M. Ducellier, notre distingué desmidiologue, pour les bons conseils qu'il m'a donnés et pour la bienveillance avec laquelle il a bien voulu suivre ces recherches délicates.

Après bien des études je suis arrivé à la conclusion suivante: il existe à l'endroit où se termine le chromatophore une vésicule ronde ou ovale contenant un petit corps en bâtonnet (fig. 92*b*), présentant parfois un étranglement dans sa partie médiane (fig. 92*c*); il est immobile; la vésicule a un contour très faiblement marqué. Il arrive que le bord du chromatophore masque plus ou moins cette vésicule, ce qui explique l'apparence décrite ci-dessus lorsqu'on examine les cellules avec un objectif à sec; la vésicule n'est plus visible et le corpuscule apparaissant au bord ou sous l'extrémité du chromatophore lui donne cet aspect réfringent.

A l'état normal les cellules ne possèdent pas de gelée; ce n'est que sur celles qui vont ou sont en train de se diviser que l'on peut déceler, spécialement, au moyen de l'encre de Chine, une zone gélifiée (fig. 90, 91). Le détail de cette division ne m'est pas connu; les figures 88, 89, 90, 91, 92*a* montrent certains stades qui rappellent ce qui se passe chez *Ankistrodesmus* ou chez *Spirotaenia*. La membrane mère se gélifiant peu à peu (fig. 90), la cellule se divise transversalement probablement; les deux extrémités des cellules filles glissant l'une à côté de l'autre (fig 88), donnent l'impression d'une division oblique; de très bonne heure les deux extrémités prennent les caractères de l'état adulte ainsi que le chromatophore; les deux cellules, tout en s'écartant, gagnent la forme normale (fig. 89). La gelée qui les unissait disparaît et les deux cellules sont ainsi libérées.

J'ai rencontré plusieurs fois les deux cellules parfaitement formées et maintenues voisines par une gelée non visible (fig. 89).

La formation représentée à la figure 91 est plus rare; il y a eu seconde division avant la libération des deux premières cellules; une des cellules filles est légèrement arquée. Les cellules

adultes sont droites; j'en ai rencontré cependant quelques-unes faiblement courbées comme celle représentée à la figure 92*a*, cellule qui n'a pas encore atteint son développement complet. J'ai désigné l'espèce qui m'a servi à l'établissement de ce nouveau genre par le nom de: **Closteriospira lemanensis.** L. Reverdin.

Position systématique. La position de cette nouvelle forme n'est pas une chose aisée à établir. Elle présente des caractères que l'on retrouve dans d'autres genres; la présence d'un corpuscule dans une vésicule comme chez *Closterium*; la

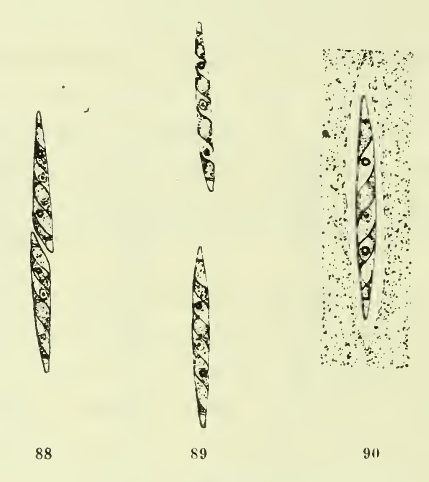


Fig. 88 à 90. — **Closteriospira lemanensis.**

forme et le chromatophore spiralé des *Spirotaenia*; certains état de multiplication du type *Ankistrodesmus*; la visibilité du noyau comme certains *Ankistrodesmus* de la section *Spiroraphidium.*

Le nom que j'ai choisi indique simplement que chez *Closteriospira* on retrouve deux caractères réunis, l'un rappelant les *Closterium*, l'autre les *Spirotaenia.*

Si l'on admet que tous les *Spirotaenia* doivent rentrer dans les Desmidiées, il en serait de même pour le *Closterospira.* Cependant il est certain que le groupe des Spirotaeniées est encore très artificiel et mal défini et que de nouvelles recherches s'imposent. Il est fort probable qu'un jour ou l'autre on soit amené

à classer certaines Spirotaeniées parmi les Protococcacées ; dans ce cas il s'agira de savoir quelles sont les espèces de *Spirotaenia* qui resteront parmi les Desmidiées ; il est certain que ce sera dans le voisinage de ces formes qu'il faudra classer le *Closteriospira.*

Diagnose :

Closteriospira nov. gen. Desmidiacearum L. Reverdin.

Cellulae libere natantes fusiformes apicibus acutiusculis imo apice obtusiusculo. Apicibus hyalinis a reliqua cellula corpusculo

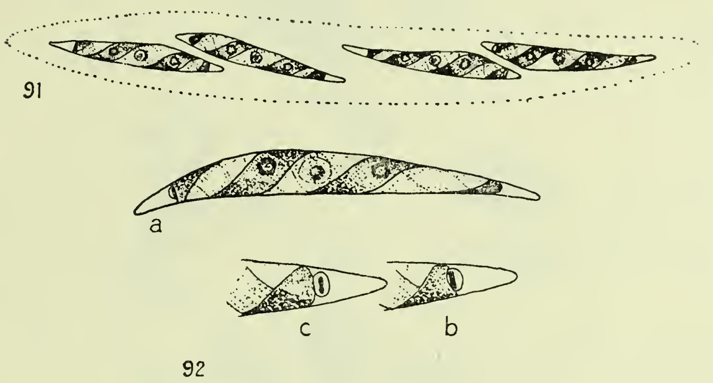


Fig. 91 et 92. — **Closteriospira lemanensis.**

interjecto vesiculato separatis. A corpulis indicatis chromatophorum spiraliter 3-4 tortum, pyrenogerum (2) Nucleus conspicuus quam diametrum cellulae duplo brevior vel minus.

Closteriospira lemanensis nov. spec. L. Reverdin.

Characteres generis. Diametra longius 50-55 μ brevius 5-6 μ. Pyrenoides in prima revolutione ab apice chromatphorori sita. Nucleus nucleolum gerens.

Obs. Genus novum inter *Spirotaeniam* et *Closterium* colocandum. A. *Spirotaenia* apicibus hyalinis corpusculis interjectis a *Closterio* chromatophoro spiraliter torto distinctum.

La flore planctonique superficielle du lac de Genève se trouve ainsi enrichie de 14 nouvelles espèces ; 2 genres et 10 espèces se

rapportant aux Flagellés, 1 genre et 4 espèces aux Algues vertes.

Parmi les Flagellés déjà connus je signale la présence de l'*Hydrurus foetidus* dans la flore planctonique superficielle du lac de Genève entre le Port-Noir et l'Ariana. Cette espèce erratique se rencontre isolément durant les 5 premiers mois de l'année. Fait intéressant, les cellules sont disposées en une longue



Fig. 93. — Sphaerocystis Schroeteri

chaîne unique dans une gaîne cylindrique gélifiée. Dans une pêche du 6 mai 1919, par exemple, j'ai trouvé 30 cellules unisériées dans un tube de 675 de long sur 22 de large. Les cellules sont parfaitement vivantes, les deux vésicules contractiles fonctionnant régulièrement, Il se peut que cette formation spéciale des colonies soit en relation avec la vie planctonique.

J'ai eu l'occasion d'examiner un grand nombre de colonies du *Sphaerocystis Schroeteri* Chodat, ce qui me permet d'ajouter quelques remarques à son sujet. Les cellules sphériques ou plus ou moins ovales présentent parfois des vésicules contractiles, elles sont au nombre de deux par cellule, situées dans la partie antérieure ; très petites et rapprochées l'une de l'autre, leur

mouvement alternant très lent s'effectue en 16 secondes environ. Il ne s'agit pas de zoospores, en effet, j'ai pu suivre la division de ces cellules à vésicules contractiles au sein des colonies; la figure 93 montre une petite colonie de 14 cellules réunies en 3 groupes de 4 cellules et un de 2 cellules; on voit dans le dernier groupe le début d'une division dans une des cellules.

On voit aussi dans cette figure 3 cellules munies chacune de deux cils. La structure intime de ces cils est difficile à établir. Ils sont complètement immobiles, en général ils divergent fortement à une courte distance de la membrane. Ces formations doivent être assimilées aux pseudo-cils des *Tetraspora* ou d'*Apiocystis.* Il faut pourtant remarquer que dans *Spaerocystis* ils ne sortent jamais hors de la gelée générale; on ne retrouve pas comme dans *Apiocystis* une gaîne de gelée spéciale entourant les pseudo-cils au sortir de la colonie.

Par la présence de ses vésicules contractiles *Sphaerocystis Schroeteri* Chod. se rapprocherait davantage des Volvocacées (sensu. Chodat) que les autres Palmellacées, *Palmella. Tetraspora, Stapfia, Apiocystis.* Déjà la forme libre des colonies sphériques serait en faveur de cette interprétation.

Pour terminer ce travail je dirai encore quelques mots au sujet des Desmidiées rencontrées dans le plancton. On connaissait jusqu'ici les formes suivantes:

Closterium Nordstedtii. Chod. (non Gutwinski) fig. 105, 226/11.
» *aciculare* Tuffen West.
» *aciculare W. var. robustius* Chod[1].
» *gracile* Bréb,
Cosmanium depressum (Näg) Lund.
» *Botrytis* Menegh.
Gonatozygon Ralfsii D. By.
» *Brebissonii* D. By.
Hyalotheca dissiliens (Smith) Bréb.

Les seules formes qui doivent être considérées comme planctoniques sont: *Cosmarium depressum* (Näg) Lund; *Closterium Nordstedtii* Chod.; *A. aciculare*; *A. aciculare var. robustius* Chod. Le *Closterium Nordstedtii* Chod[2]. (non Gutw.) mérite une

[1] Chodat. *Bull. Herb. Boissier.* T. V, 97, pl. XI, fig. 10. T. VI, 98, p. 186.
[2] Chodat. *Bull. Herb. Boissier.* T. V, 97, pl. XI, fig. 11. T. VI, 98, p. 185.

place à part au milieu des Closterium. C'est un des rares Closterium absolument droit. La tribu des Closteriées doit être divisée en deux sections : 1° Euclosterium. 2° Rectoclosterium. Dans les *Euclosterium* rentrent toutes les espèces des *Closterium* plus ou moins arqués cadrant ainsi avec les premières diagnoses

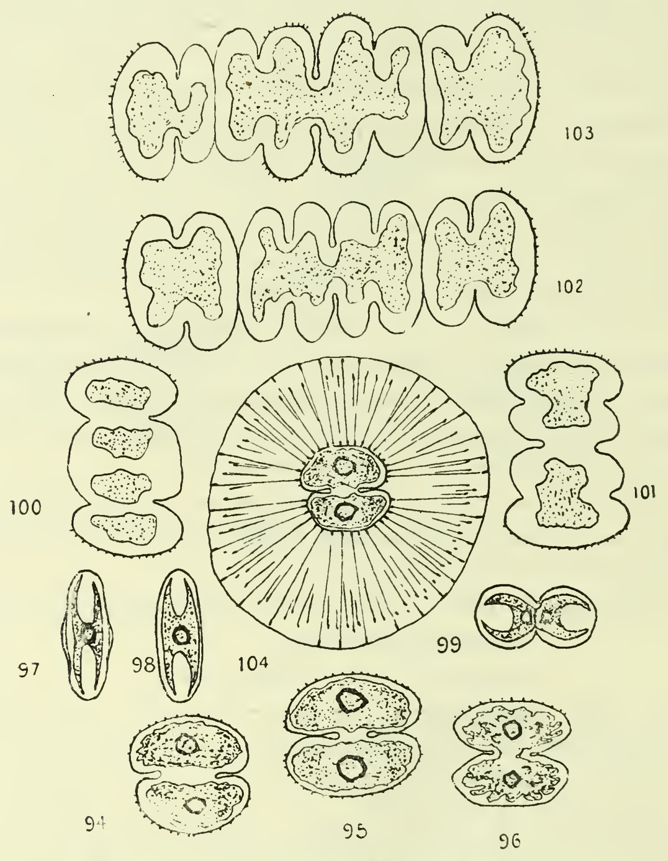


Fig. 94 à 104. — **Cosmarium depressum var. planctonicum.**

du genre *Closterium* ; dans les *Rectoclosterium* doivent se ranger : *Closterium Nordstedtii* Chod. (non Gutw.) ; *Clost. libellula* Focke = *Penium libellula* (Focke) Nordst. ; *Clost. Lens var. minor*. Jacobs = *Penium Navicula* Bréb.

Lütkemüller dans son travail « Die Zellmenbran der Desmi-

diaceen 1902 » faisait déjà rentrer dans la tribu des Clostériées *Closterium libellula* Focke et *Penium navicula* Bréb.

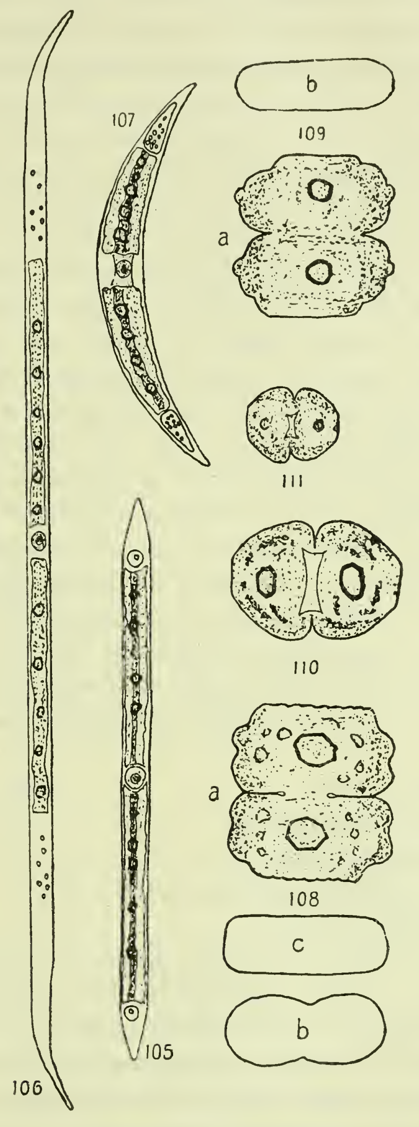


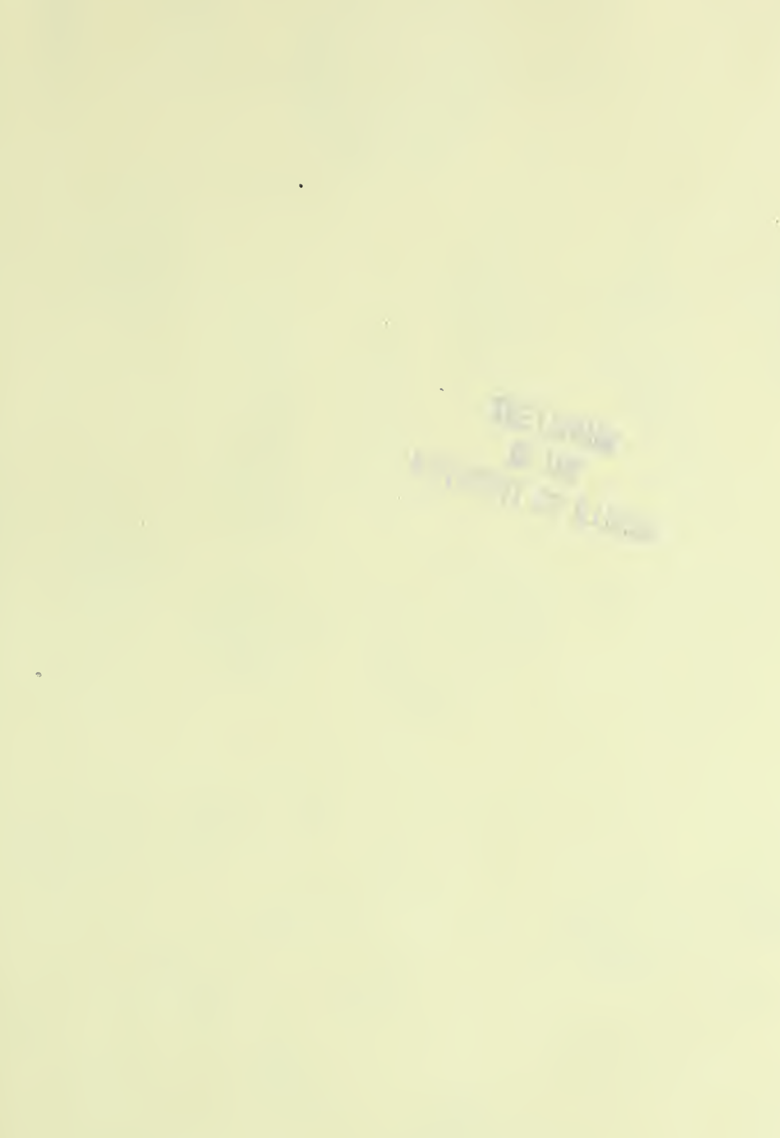
Fig. 105 à 111. — **Desmidiées.**

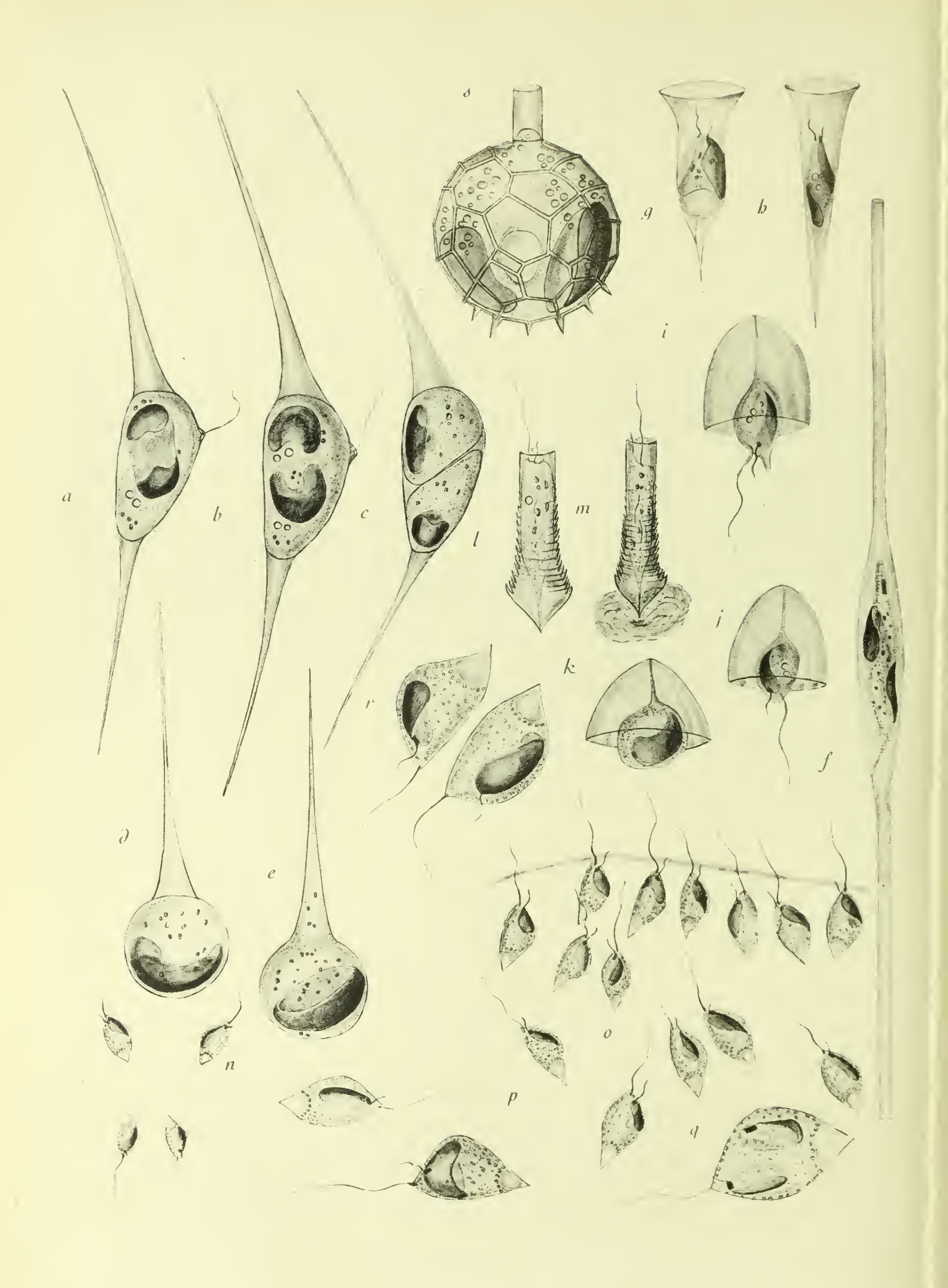
Cosmarium depressum (Näg) Lund. est très commun durant toute l'année, les autres formes sont plus rares. Les cellules du

Cosmarium depressum du plancton sont toujours plus petites que dans la forme typique, leur largeur varie de 25 à 27, leur hauteur de 21 à 24, les chiffres de la forme typique varient de 40 à 50 pour la largeur et de 37 à 43 pour la hauteur. Elles sont toujours entourées d'une forte gelée sphérique, dont le diamètre atteint jusqu'à 80 (fig. 104) ; on voit très nettement sur le bord des hemi-somates 20 à 25 petits bâtonnets courts. Traitée à la fuchsine la gelée montre une structure rayonnante, la base de ces rayons formée par les bâtonnets mentionnés se colorent très vivement, la coloration est aussi plus intense à la périphérie (fig. 104). La forme la plus répandue est celle représentée dans les figures 94, 95, mais on trouve aussi des formes différentes (fig. 96, 104). Vues par dessus, les cellules sont ovales (fig. 98) ou présentent parfois un léger épaississement dans la partie médiane (fig. 97). Par ses caractères spéciaux, son habitat, cette forme doit être considérée comme une variété *Cosmarium depressum* sous le nom de *Cosmarium depressum var. planctonicum* L. Reverdin. J'ai eu l'occasion de rencontrer plusieurs fois des divisions anormales (fig. 100, 101), ces divisions anormales conduisent parfois à la formation de courtes chaînes (fig. 102, 103) de 4 à 6 cellules. A côté des *Closterium* déjà signalés j'ai trouvé assez fréquemment le *Closterium aciculare var. robustius* Chod. (fig. 106) 440/10. Outre ces formes purement planctoniques, j'ai rencontré quelques exemplaires des formes suivantes :

Staurastrum orbiculare	2 ex.	
Closterium parvulum (fig. 107)	3 »	135-148/19-22
Cosmarium tetraophthalmum	1 »	
» *humile ?* (fig. 108 *a, b, c,* 109 *a, b*),	3 »	16-17/16-16
Cosmarium ? (fig. 110-111)	5 »	35/24, 18/14

Comme on le voit ces nouvelles données ne changent pas nos connaissances. La flore planctonique d'un grand lac est très pauvrement pourvue en Desmidiées. La liste des Desmidiées du lac de Genève s'enrichira probablement de nouvelles découvertes, certaines espèces douteuses seront mieux étudiées mais dans l'ensemble de la flore planctonique il n'y aura pas grand changement à leur égard.





L. REVERDIN, DEL.

GRAV. & IMP. SADAG GENÈV

EXPLICATION DES FIGURES DE LA PLANCHE

Fig. a. b. c. d. e.: **Diceras**, nov. gen., Rev.

Diceras Chodati, nov. spec., Rev. *a*) complètement développé ; *b*) début d'une division ; *c*) division plus avancée, le flagellum et les vésicules contractiles ont disparu ; *d-e*) états juvéniles à une seule corne, la cloison est formée (*d*) entre la partie centrale et la corne.

Fig. f.: **Styloceras**, nov. gen., Rev.

Styloceras longissimus, nov. spec., Rev.

Fig. g. : Dinobryon campanuliformis, nov. spec., Rev.

Fig. h. : Dinobryon elegans, nov. spec., Rev.

Fig. i. j. k.: Dinobryon urceolatum, nov. spec. Rev. *i*) formation d'un gros pseudopode antérieur ; *j*) sans pseudopode ; *k*) cellule retractée, les flagellum et les vésicules contractiles ont disparu.

Fig. l. m.: Hyalobryon cylindricum, nov. spec., Rev. *l*) avec deux flagellum ; *m*) avec un prolongement protoplasmique simulant le petit flagellum, individu fixé sur un flocon mucilagineux.

Fig. n. o. p. q. r.: Uroglenopsis apiculata, nov. spec., Rev. *n*) groupe de 5 cellules, une grande à droite et 4 petites à gauche; *o*) fragment d'une grande colonie en plaque irrégulière ; *p*) préparation à la division, le chromatophore devient antérieur, un second stigma apparaît (peu visible, en bas à l'extrémité du chromatophore) ; *q*) le chromatophore est divisé ; *r*) la cellule a subi une division longitudinale, les flagellum se sont formés sur une des cellules.

Fig. s.: Chrysococcus reticulatus ? nov. spec. ? Rev. Cellule présentant de courts piquants dans sa partie postérieure.

NOTE PRÉLIMINAIRE

SUR LA

GÉOLOGIE DE LA JUNGFRAU

ET LE

chevauchement du massif de l'Aar sur celui de Gastern

PAR

Léon-W. COLLET, Max REINHARD
et Ed. PARÉJAS

Dans la coupe géologique de la Jungfrau, jusqu'ici classique, Baltzer[1] avait dessiné deux synclinaux couchés de sédimentaire qui pénétraient dans les « schistes cristallins », tels deux gigantesques coins. Le sommet de la montagne était donc formé par le même cristallin que le soubassement. Le Malm du « coin » supérieur reposait directement sur le cristallin, tandis que celui du « coin » inférieur en était séparé par ce que Baltzer appelait les « Zwischenbildungen », c'est-à-dire les formations s'étendant du Trias au Malm.

Ce profil de la Jungfrau fut reproduit par plusieurs auteurs, sans avoir jamais été vérifié. Seeber[2], en 1911, dans sa thèse de Doctorat, introduisit un plan de chevauchement fantaisiste, sans se donner la peine de refaire la coupe au marteau.

En 1918, l'un de nous (Collet), frappé de l'énorme épaisseur de Malm normal du profil de Baltzer, entre le fond de la vallée de Lauterbrunnen et le Schwarz Mönch, commença une étude détaillée de la base de la Jungfrau. Des chevauchements dans le Malm de cette partie l'engagèrent à reprendre l'étude géolo-

[1] Der mechanische Contact von Gneiss und Kalk im Berner Oberland. *Beiträge z. geol. Karte d. Schweiz*, XX. Lief., Atlas, Taf. III, fig. 4.

[2] Beiträge zur Geologie der Faulhorngruppe (westlicher Teil) und der Männlichengruppe. *Inaugural Dissertation*. Universität Bern, 1911.

gique détaillée de cette montagne, à la lumière de la tectonique et de la pétrographie modernes.

Les résultats que nous avons obtenus jusqu'ici, quoique incomplets, nous permettent néanmoins d'attirer l'attention sur une région passablement délaissée, bien que l'accès en ait été considérablement facilité par le chemin de fer de la Jungfrau, depuis le temps des pionniers que furent Baltzer et de Fellenberg.

Voyons tout d'abord, sans entrer dans les détails de la stratigraphie, les éléments tectoniques que l'on rencontre en montant de Stechelberg à la cabane du C. A. S. au Rottal et de là à l'arête par laquelle se fait l'ascension de la Jungfrau[1].

Rottal. — En discordance sur le cristallin du massif de Gastern, nous trouvons :

1° Une série autochtone plissée, complète du Trias au Malm, bien visible au-dessus du sentier de la cabane, de Stechelberg au lieu dit « Kalte Brunnen ». Au-dessus de ce point, soit à la base de la « Bärenfluh » cette série est chevauchée par

2° une série normale commençant avec les calcaires dolomitiques du Trias supérieur et s'étendant jusqu'au Malm qui forme la paroi de la « Bärenfluh ». Le sentier, après avoir traversé le plan de chevauchement et la paroi de Malm, nous conduit à

3° un anticlinal couché de cristallin de Gastern qui, dans le profil de Baltzer, sépare le « coin » sédimentaire inférieur du supérieur. Cet anticlinal possède au-dessus de la « Bärenfluh » un flanc renversé[2], étiré, de sédimentaire et, au-dessus de la cabane du Rottal, un flanc normal sédimentaire, d'une épaisseur de 10 à 15 m, allant du Trias[3] à la base de l'oolithe ferrugineuse du Callovien. Ce sédimentaire normal est chevauché par :

4° *une lame de gneiss mylonitisés,* d'une épaisseur maximum de 6 mètres, qui a entraîné sous elle de minces lamelles de cal-

[1] Du temps de Baltzer on montait du Glacier du Rottal au Lauithor. On ne traversait ainsi que le « coin » supérieur de calcaire, très mince en cet endroit. Cette voie, très exposée aux chutes de pierres, fut abandonnée. Il est certain que si Baltzer avait eu l'occasion de faire l'ascension par la voie actuelle, il aurait trouvé ce que nous décrivons ici.

[2] Ce flanc renversé est très compliqué et la description de ses écailles, dont une de cristallin, se fera plus tard en détail.

[3] Nous aurons l'occasion de revenir sur le mode de formation de ce Trias, assez spécial, dans notre étude détaillée.

caire dolomitique du Trias. Sur la lame de mylonites se trouvent des schistes de l'Oxfordien et des calcaires intensément dynamométamorphisés du Malm. Si l'on suit la lame de mylonites dans la direction du grand couloir descendant de la Silberlücke, on la voit plonger pour entourer la tête de l'anticlinal couché de cristallin, cité sous 3. Après avoir formé le sommet d'une arête secondaire, elle ne tarde pas à disparaître complètement par laminage, en sorte que le Malm qu'elle supporte vient en contact, vers le NNW, avec le Malm que nous avons vu former la paroi de la « Bärenfluh ». Ce contact mécanique est très visible au pied de la paroi qui domine le sentier conduisant de la « Kalte Brunnen » au Schwarz Mönch. On trouve même en un point des quartzites du Trias intensément laminés entre les deux Malm.

En suivant l'arête facile qui conduit à l'endroit où commence la vraie grimpée de la Jungfrau, on ne tarde pas à traverser:

5° et 6° deux autres plans de chevauchement dans le Malm, marqués par des quarzites du Trias. Ces plans se poursuivent dans le grand couloir descendant de la Silberlücke, où des paquets de Trias sont facilement reconnaissables à la lunette. Plus au NNW les contacts de ces deuxième et troisième plans de chevauchement se font, comme pour le premier, par Malm sur Malm.

En examinant attentivement, des pentes qui dominent la rive gauche du glacier du Rottal, le « coin » supérieur de sédimentaire, on remarque qu'il est divisé en deux parties dans le grand couloir du Rottalsattel par :

7° un deuxième anticlinal couché de cristallin. Tandis que la digitation inférieure de sédimentaire se ferme en synclinal sous le Rottalhorn, la supérieure s'allonge dans la paroi du Lauithor et disparaît sous le Gletscherhorn.

Ce deuxième anticlinal de cristallin n'est pas indiqué dans le profil de Baltzer. Cet auteur l'a évidemment remarqué plus tard, puisqu'il l'indique sur un cliché du Rottal qu'il donne dans son Guide géologique de l'Oberland bernois. Cet élément tectonique, qui paraît ici de peu d'importance, se développe vers le NE à tel point que sous le Mönch (versant Nord) il devient plus important que le premier anticlinal couché de cristallin décrit sous 3.

Comme dernier élément tectonique citons :

8° le cristallin qui forme le sommet de la Jungfrau et du Mönch.

Des quatre chevauchements que nous venons de décrire, le premier (sous chiffre 2) n'est qu'un décollement de l'autochtone produit par l'avancée du premier anticlinal couché de cristallin. Pour mieux comprendre la signification des autres, voyons un peu ce que l'on trouve dans la digitation la plus élevée du « coin » supérieur. Il suffit pour cela de nous rendre au

JUNGFRAUJOCH (3470 m). — La galerie qui conduit du restaurant au col traverse, en effet, obliquement la bande sédimentaire la plus élevée de la Jungfrau. Il est donc aisé d'y faire une coupe que nous complèterons dans le rocher sur lequel a été placé le pluvio-nivomètre Mougin, de la Station centrale de Météorologie. Cette précaution est nécessaire car la galerie traverse précisément la bande sédimentaire à l'endroit où elle est la plus laminée. Nous trouvons, de bas en haut, en *contact mécanique* sur le deuxième anticlinal couché de cristallin de Gastern :

1° des calcaires plaquetés, noirs, à veines de calcite, et une couche fortement minéralisée (oolithe ferrugineuse). Cette première série sédimentaire intensément laminée (1-3 m), supporte :

2° du Trias et du Malm (2-3 m). Sur ce dernier repose :

3° *une lame de gneiss mylonitisés* de 0,20 m et environ 2 m de calcaires plaquetés, noirs (Jurassique). Sur cette troisième série, visible seulement sous le pluviomètre, on trouve :

4° une quatrième et dernière série sédimentaire avec, à la base, *une deuxième lame, étirée, plissée et faillée, de gneiss mylonitisés.* Dans la galerie, l'épaisseur de cette lame est de 1 m, tandis qu'à l'extérieur elle n'est plus que de 0,20 à 0,30 m. Elle supporte enviren 20 m de calcaires plaquetés noirs, veinés de calcite (Jurassique).

Le cristallin qui forme le sommet de la Jungfrau chevauche cette dernière série. Or ce cristallin, bien que passablement écrasé est absolument différent de celui du Gastern, que nous avons trouvé dans le soubassement du Rottal et dans les deux anticlinaux couchés de cristallin de cette région. *Le cristallin qui forme le sommet de la Jungfrau est, sans aucun doute, un gneiss granitique du massif de l'Aar.*

Il vaut la peine de contrôler ces observations au Mönchjoch supérieur et au Mönch avant de conclure :

Mönchjoch supérieur (3618 m). — L'axe des plis s'élevant vers le NE, nous retrouvons les mêmes éléments tectoniques au Mönchjoch supérieur, avec cette différence toutefois que la bande calcaire est plus épaisse. La place nous manque ici pour donner et discuter la coupe détaillée que nous y avons relevé, notons cependant que la lame, de *gneiss mylonitisés,* la plus basse est ici la plus importante. Elle atteint 1 m, la *deuxième,* par contre, est réduite à un rôle secondaire (0,50 — 0,60 m) et le calcaire qu'elle supporte n'a que 6 m.

Un fait intéressant *prouvant* le chevauchement du cristallin du sommet du Mönch sur la bande calcaire est la présence d'une lamelle ou « écharde » de Malm dans la base de ce cristallin.

Les gneiss qui chevauchent la bande calcaire du Mönchjoch supérieur appartiennent au Massif de l'Aar. On les suit, du reste, vers le sud dans la base du Trugberg jusqu'à la cote 3050.

Conclusions.

1. Le massif de l'Aar chevauche celui de Gastern à la Jungfrau et au Mönch.

2. Ce chevauchement, dû lui-même au déferlement de nappes supérieures, a poussé devant lui et entraîné sous lui l'autochtone sédimentaire qui s'est empilé, non sans avoir auparavant arraché des lames au cristallin sous-jacent. Ce dernier, bien que le plus ancien — c'est le massif de Gastern —, n'a pu résister à cette poussée formidable et il s'est couché en deux anticlinaux dans sa partie supérieure.

3. Les écailles de sédimentaire, avec leurs mylonites, prises entre le cristallin chevauchant de l'Aar et les anticlinaux couchés de cristallin de Gastern, ont été puissamment et inégalement laminées, tandis que de fortes épaisseurs de Malm s'accumulaient, en écailles ou en plis, sur la pente Nord du massif de Gastern.

Genève. Laboratoire de Géologie de l'Université.
Septembre, 1919.

———————

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS D'

AOUT 1919

Le 1, brise du lac de 11 à 20 h.
les 2 et 3, rosée le matin.
le 4, rosée le matin, brise du lac de 10 à 17 h.
5, brise du lac de 10 à 19 h.
6, rosée le matin.
les 7, 8, 9 et 10, brise du lac de 9 à 20 h.
le 11, brise du lac de 10 à 16 h. 30.
12, brise du lac de 10 à 18 h.
13, brise du lac de 10 à 12 h. et de 16 à 20 h.
les 14, 15 et 16, brise du lac de 9 à 17 h.
le 17, brise du lac de 10 à 20 h.
18, brise du lac de 9 à 14 h
21, éclairs dans la soirée.
les 23 et 25, brise du lac de 10 à 19 h.
le 26, petite pluie dans la soirée et dans la nuit.
27, pluie de 7 h. 30 à 10 h. et de 14 à 16 h.
29, orage et pluie à 19 h. 30 et 22 h., pluie dans la nuit.
31, petite pluie de 11 à 13 h. 30, de 16 à 21 h. 30 et dans la nuit.

Remarques. — 1° La *nébulosité* de ce mois, 1.9, est un minimum absolu pour le mois d'août ; le record était détenu jusqu'ici par le mois d'août 1861 avec 2.2. Le *record absolu* de l'année, depuis que l'on observe la nébulosité (1847), est le chiffre du mois de septembre 1865, 1.3 ; puis viennent ceux d'août 1919 (1.9) et de septembre 1854 (2.0).

2° La *durée d'insolation* rivalise avec celle d'août 1911, le mois d'août le plus chaud de la série genevoise, avec 21°.28. Les deux héliographes avaient fourni alors 316 h. et 348 h. d'insolation.

3° La *période de sécheresse* de 32 jours, du 25 juillet au 25 août, est aussi remarquable pour la *période estivale.* Il faut remonter à 1854 pour trouver une plus longue période continue de sécheresse absolue : 38 jours, du 26 août au 2 octobre.

Il y a eu aussi une période de sécheresse très longue au *printemps* de 1893, 35 jours, du 19 mars au 22 avril ; et une plus longue encore en 1896, mais en *hiver :* 41 jours, du 17 janvier au 26 février, au début d'une année qui a été remarquable par son humidité.

GENÈVE — AOUT 1919

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 8 obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Max.	Vent 7 ½	13 ½	21 ½	Dominant	V. moy. km/h.	Nébulosité 7 ½	13 ½	21 ½	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Nomb. d'heur.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm										h	mm	
1	33.0	32.4	32.6	32.37	+ 4.45	31.5	33.3	SSE 0	NNE 1	NNE 0	NNE 1	3.6	1	2	0	1	13.3	....	....
2	33.3	31.5	30.8	31.97	+ 4.04	30.4	33.3	SSW 1	SW 1	NW 0	NNE 1	3.1	0	0	0	0	13.6	....	....
3	30.0	29.1	29.6	29.68	+ 1.74	29.1	30.5	SW 1	SW 1	NE 0	SW 1	4.6	0	8	0	4	10.7	....	....
4	29.9	28.5	28.6	29.04	+ 1.09	28.0	30.0	SW 0	NNE 1	NW 0	NNE 1	4.4	0	1	0	2	11.6	....	....
5	27.8	26.2	26.2	26.86	− 1.09	25.6	28.6	SSW 0	NNE 1	E 0	NNE 1	2.9	8	9	7	7	4.6	....	....
6	26.8	26.8	27.9	26.94	− 1.02	26.4	28.3	SSE 0	NNE 1	E 0	NNE 1	5.9	0	1	0	1	13.6	....	....
7	28.5	28.6	29.2	28.66	+ 0.70	28.1	29.4	SE 0	NNE 1	NNE 1	NNE 1	7.1	0	0	0	0	**13.7**	....	....
8	29.8	29.6	30.2	29.57	+ 1.61	28.8	30.6	SE 0	NNW 1	NE 0	NNE 1	6.5	0	0	0	0	13.4	....	....
9	32.1	31.1	31.5	31.33	+ 3.36	30.5	32.2	SW 0	NNE 1	E 0	NNE 1	2.9	0	0	0	0	13.5	....	....
10	32.8	31.6	31.8	31.99	+ 4.02	31.0	32.9	SSW 0	NNE 1	NNW 0	NNE 1	2.0	0	0	0	0	13.2	....	....
11	32.2	30.8	31.0	31.34	+ 3.37	30.0	32.3	SSW 0	NNE 1	NNE 1	NNE 1	2.0	1	2	1	1	12.2	....	....
12	32.6	31.6	31.5	31.73	+ 3.76	30.5	32.7	N 0	NNE 1	E 0	NNE 1	3.4	0	0	0	0	13.0	....	....
13	31.7	30.3	29.5	30.56	+ 2.59	28.8	31.8	SE 0	N 0	SSW 0	NNE 1	2.1	0	0	0	0	13.0	....	....
14	30.6	29.6	29.0	29.64	+ 1.67	28.3	30.8	SSW 0	NNE 1	SE 1	NNE 1	3.2	0	0	0	0	12.9	....	....
15	30.0	29.0	28.9	29.26	+ 1.30	28.3	30.1	SSE 0	NNE 1	SE 0	NNE 1	5.0	0	0	0	0	12.7	....	....
16	30.5	29.4	30.5	29.94	+ 1.98	28.9	31.4	SSW 0	NNE 1	SW 1	NNE 1	2.8	0	1	1	1	12.9	....	....
17	32.6	32.7	32.7	32.47	+ 4.52	31.4	**33.4**	W 0	NNE 1	NNW 1	NNE 1	2.4	9	3	0	4	7.2	....	....
18	33.0	32.5	32.4	**32.48**	+ **4.53**	31.5	**33.4**	SSW 0	NNE 1	NE 0	NNE 1	2.8	0	2	0	1	11.9	....	....
19	32.5	31.1	30.3	31.43	+ 3.49	30.0	32.6	S 0	SSW 1	SE 0	calme	1.0	0	0	0	0	13.1	....	....
20	30.6	29.7	29.4	29.85	+ 1.92	28.7	30.7	SSW 0	SSW 1	SSW 0	SSW 1	3.6	0	0	0	0	13.0	....	....
21	30.1	29.3	30.4	29.81	+ 1.89	28.9	31.1	E 0	SSW 1	SE 0	SSW 1	4.4	0	1	0	1	12.1	....	....
22	31.7	29.3	31.4	30.77	+ 2.86	29.1	31.8	SE 0	W 1	NE 1	SSW 1	4.6	5	1	0	2	12.0	....	....
23	32.1	31.1	30.6	31.28	+ 3.38	30.0	32.3	SE 0	NNE 1	NNE 1	NNE 1	4.6	0	0	0	0	13.1	....	....
24	30.1	27.6	27.0	28.52	+ 0.63	26.5	30.7	SSW 0	SW 1	SW 1	NNE 1	5.2	0	0	0	0	13.0	....	....
25	26.0	24.5	23.6	25.00	− 2.88	23.4	26.9	SSE 1	NNE 1	SW 0	NNE 1	3.0	0	1	0	1	10.4	....	....
26	21.7	20.4	21.2	**21.51**	− **6.36**	**20.1**	23.6	NE 0	SSW 2	SSW 1	SSW 1	11.8	1	9	9	7	5.6	5.8	4
27	22.8	24.3	25.5	23.79	− 4.06	21.6	26.1	SSW 0	SW 1	SSW 0	SW 1	10.1	10	9	9	7	3.6	5.7	5
28	26.5	25.2	25.0	25.39	− 2.45	23.5	26.7	NNE 0	SW 1	SW 2	SSW 1	11.0	1	1	0	1	12.5	....	....
29	25.9	24.2	25.6	25.20	− 2.62	23.3	28.3	SE 1	SW 2	SW 1	SW 2	**14.7**	7	9	10	7	9.5	**24.2**	**9**
30	27.9	29.1	29.5	28.60	+ 0.80	27.0	29.6	SSW 1	SSW 1	SSW 1	SSW 1	4.4	9	7	0	4	7.9	....	....
31	27.3	25.5	25.0	26.37	− 1.41	24.3	29.4	S 0	NW 0	NNW 0	var.	2.0	2	10	10	7	3.2	7.1	**9**
Mois	29.76	28.80	28.98	29.14	+ 1.48							4.75	1.7	2.5	1.5	1.9	346.0	42.8	27

Jour du mois	Température 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 8 obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	Fraction de saturation en 0/0 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 8 obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	Tempér. du Rhône Midi	Ecart av. la norm.	Limnimètre
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm
1	14.9	22.5	18.7	18.16	− 0.61	10.7	24.8	77	44	56	64	− 4	40	87	18.3	−0.4	1585
2	15.2	27.0	20.0	19.91	+ 1.17	11.2	29.0	78	37	62	61	− 7	34	87	18.5	−0.2	1585
3	17.4	26.2	19.6	19.75	+ 1.05	12.0	27.8	74	41	58	63	− 5	38	86	—	—	1555
4	15.8	24.2	18.0	18.34	− 0.33	11.0	25.6	76	37	53	55	−13	28	88	19.0	+0.2	1590
5	13.4	21.1	18.2	16.34	− 2.29	9.5	22.9	72	46	70	65	− 4	44	83	18.3	−0.5	1600
6	15.4	22.7	19.2	17.95	− 0.64	10.3	25.0	75	46	63	66	− 3	40	88	18.6	−0.2	1610
7	16.6	23.6	18.4	18.96	+ 0.41	12.0	25.3	73	35	59	59	−10	31	84	18.8	0.0	1595
8	15.4	23.3	20.6	18.80	+ 0.30	11.0	25.8	76	57	57	64	− 5	36	86	19.2	+0.4	1605
9	16.6	24.0	20.0	18.96	+ 0.51	12.4	25.7	70	49	71	65	− 4	46	78	19.8	+1.0	1590
10	17.7	26.8	22.8	21.35	+ 2.95	14.2	27.8	77	50	68	67	− 2	48	84	—	—	1605
11	19.6	29.0	25.0	23.64	+ 5.29	15.2	**33.8**	76	56	50	61	− 8	34	85	20.4	+1.6	1600
12	19.9	26.7	22.6	22.75	+ 4.46	16.0	29.3	77	46	62	61	− 9	35	83	21.2	+2.4	1635
13	17.8	28.8	22.0	21.94	+ 3.71	14.5	33.6	78	43	78	66	− 4	38	84	21.8	+3.0	1640
14	18.0	26.4	24.5	23.11	+ 4.94	15.3	33.4	76	54	63	60	−10	27	85	21.5	+2.7	1640
15	20.0	27.3	23.5	22.78	+ 4.68	16.0	29.2	72	42	48	58	−12	38	82	21.6	+2.8	1635
16	18.2	27.6	24.2	22.27	+ 4.24	15.0	29.5	78	42	51	62	− 8	40	85	21.8	+3.0	1650
17	19.3	24.2	20.0	21.04	+ 4.08	17.3	25.2	76	54	72	71	0	50	82	—	—	1645
18	17.4	24.7	20.5	20.23	+ 2.34	13.8	26.7	78	55	64	69	− 2	50	88	22.3	+3.5	1655
19	16.8	29.9	24.0	22.32	+ 4.51	13.0	32.2	78	28	60	57	−14	22	90	22.3	+3.5	1660
20	18.0	32.1	23.5	24.04	+ 6.31	14.8	33.7	72	25	52	51	−20	**19**	83	22.3	+3.6	1655
21	21.0	32.3	23.5	**25.15**	+ **7.50**	18.8	33.7	51	26	48	**46**	**−25**	24	66	20.8	+2.1	1665
22	21.3	29.2	22.5	23.12	+ 5.55	16.8	31.0	63	30	54	52	−20	25	78	20.5	+1.8	1660
23	16.4	23.0	19.9	19.38	+ 1.90	12.0	25.8	73	40	72	56	−16	33	85	20.5	+1.9	1660
24	14.8	28.0	19.0	19.62	+ 2.23	10.8	29.8	73	33	50	55	−17	27	84	—	—	1655
25	15.6	24.0	19.0	18.84	+ 1.54	11.5	26.7	73	35	63	60	−12	30	85	21.2	+2.6	1635
26	17.5	23.6	19.0	18.55	+ 1.34	13.3	25.2	70	41	65	66	− 7	38	85	21.2	+2.7	1635
27	14.7	20.0	18.0	18.04	+ 0.93	14.2	22.3	92	71	75	75	+ 2	62	93	20.5	+2.0	1605
28	15.7	28.0	23.9	21.62	+ 4.61	14.3	30.8	86	39	51	61	−12	31	88	20.3	+1.8	1605
29	20.8	29.0	20.3	23.39	+ 6.48	18.5	30.8	59	34	68	55	−18	31	81	16.0	−2.4	1570
30	11.2	16.3	11.0	13.50	− 3.30	9.0	19.6	82	39	63	66	− 8	35	91	13.8	−4.6	1555
31	8.2	12.6	11.4	**10.69**	− **6.01**	**5.0**	14.8	78	77	97	**80**	+ **6**	52	**97**	—	—	1565
Mois	16.79	25.29	20.41	20.15	+ 2.24	13.21	27.64	74	44	62	62	− 9			20.02	+1.37	1618

MOYENNES DE GENÈVE — AOUT 1919

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + $0^{mm}.02$. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700 +

Heure	1 ½	4 ½	7 ½	10 ½	13 ½	16 ½	19 ½	22 ½	Moyenne
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	30.02	30.09	30.40	30.09	29.54	29.19	29.37	30.01	29.84
2e »	31.18	31.28	31.64	31.60	30.66	29.92	29.93	30.75	30.87
3e »	27.73	27.38	27.48	27.27	26.43	25.82	26.31	27.03	26.93
Mois	29.58	29.51	29.76	29.58	28.80	28.23	28.47	29.19	29.14

Température

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	13.99	11.92	15.84	21.11	24.14	23.64	21.62	18 56	18.85
2e »	17.62	15.52	18.50	24.08	27.67	28.71	25.88	21.31	22.41
3e »	15.58	14.25	16.11	21.75	24.18	23.73	20.48	18.02	19.26
Mois	15.73	13.91	16.79	22.30	25.29	25.31	22.59	19.25	20.15

Fraction de saturation en %

1re déc.	76	82	75	56	44	48	56	67	63
2e »	77	82	76	55	44	42	52	64	62
3e »	74	78	73	52	42	48	58	65	61
Mois	76	81	74	54	44	46	55	65	62

Dans ce mois l'air a été calme 403 fois sur 1000

Le rapport des vents $\frac{\text{NNE}}{\text{SSW}} = \frac{65}{44} = 1.48$

Moyennes des 3 observations (7 ½, 13 ½, 21 ½)

	mm
Pression atmosphérique. . . .	29.18
Nébulosité	1.9
Temp. $\frac{7\frac{1}{2} + 13\frac{1}{2} + 21\frac{1}{2}}{3}$ . . .	20°.83
Temp. $\frac{7\frac{1}{2} + 13\frac{1}{2} + 2 \times 21\frac{1}{2}}{4}$.	20°.72
Fraction de saturation.	60 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

		mm
Press. atmosphérique .	(1836-1875)	727 66
Nébulosité	(1847-1875)	4.7
Hauteur de pluie . .	(1826-1875)	80.4
Nombre de jours de pluie	»	10
Temp. moyenne. . .	»	17°.91
Fract. de saturation	(1849-1875)	71 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	Céligny	Collex	Chambésy	Châtelaine	Satigny	Athenaz	Compesières
Hauteur d'eau en mm	44.5	44.2	41.9	44.0	44.6	43.1	42.2

Station	Veyrier	Observatoire	Cologny	Puplinge	Jussy	Hermance
Hauteur d'eau en mm	41.0	42.8	39.9	?	40.7	43.3

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS D'

AOUT 1919

Les 1, 2, 3, 7, 23, 25, 28, 29, 30 et 31, brouillard une partie de la journée
les 7 et 8, forte bise.
les 28 et 31, vent fort.

GRAND SAINT-BERNARD — AOUT 1919

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 3 obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 ½	13 ½	21 ½	Dominant	Nébulosité 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 3 obs.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm								
1	72.0	73.0	73.4	72.8	+ 3.9	71.7	73.6	NE 1	NE 2	NE 1	NE 1	3	2	10	5
2	73.0	72.6	72.4	72.7	+ 3.8	72.0	73.4	NE 1	NE 2	NE 2	NE 2	10	1	10	7
3	70.5	69.7	69.3	69.8	+ 0.9	69.0	72.0	NE 1	NE 1	NE 1	NE 1	0	5	10	5
4	68.8	68.7	69.1	68.9	0.0	68.6	69.2	NE 1	NE 0	NE 1	NE 1	0	4	7	4
5	68.6	67.3	67.1	67.7	− 1.2	66.8	68.8	SW 1	NE 1	NE 1	NE 1	5	4	10	6
6	67.0	67.0	69.2	67.7	− 1.2	66.2	69.3	NE 1	NE 2	NE 1	NE 1	9	4	2	5
7	68.7	69.0	69.5	69.1	+ 0.2	69.0	69.6	NE 2	NE 3	NE 3	NE 3	1	5	10	5
8	69.8	70.8	72.8	71.1	+ 1.2	69.2	72.9	NE 3	NE 2	NE 1	NE 2	0	0	0	0
9	72.8	74.4	75.4	74.2	+ 5.3	72.4	75.8	NE 0	NE 1	NE 0	NE 1	0	0	0	0
10	75.4	75.4	75.7	**75.5**	**+ 6.6**	75.0	**75.9**	NE 0	NE 1	NE 1	NE 1	0	0	0	0
11	75.5	75.3	75.1	75.3	+ 6.4	74.8	75.7	NE 0	NE 1	NE 2	NE 1	0	4	2	2
12	75.6	74.5	74.8	75.0	+ 6.1	74.3	75.7	NE 0	NE 1	NE 0	NE 1	0	0	0	0
13	74.5	74.3	74.8	74.5	+ 5.7	74.1	75.2	SW 0	NE 1	NE 1	NE 1	0	1	0	0
14	75.0	74.3	73.9	74.4	+ 5.6	73.6	75.0	NE 1	NE 1	NE 1	NE 1	0	1	0	0
15	72.2	72.1	72.8	72.4	+ 3.6	72.0	73.6	NE 1	NE 1	NE 1	NE 1	1	1	0	1
16	73.1	73.1	73.7	73.3	+ 4.5	72.9	74.0	NE 1	NE 1	NE 1	NE 1	1	1	0	1
17	73.1	73.0	73.8	73.3	+ 4.4	72.8	74.1	NE 1	NE 2	NE 1	NE 1	2	4	10	5
18	73.2	74.3	75.0	74.2	+ 5.5	73.0	75.3	SW 1	NE 1	SW 0	var.	6	2	0	3
19	74.2	74.5	75.0	74.6	+ 5.9	74.0	75.4	SW 1	SW 1	SW 1	SW 1	0	2	0	1
20	74.2	73.8	74.8	74.3	+ 5.6	73.5	75.0	SW 1	SW 2	SW 1	SW 1	2	4	0	2
21	74.2	74.0	74.0	74.1	+ 5.5	73.8	74.9	SW 0	SW 0	NE 0	calme	1	5	0	2
22	73.0	72.8	72.7	72.8	+ 4.2	72.4	74.0	NE 0	NE 1	NE 1	NE 1	0	2	0	1
23	71.8	71.7	71.9	71.8	+ 3.2	71.3	72.4	NE 1	NE 1	NE 1	NE 1	10	1	0	4
24	70.9	69.5	69.1	69.8	+ 1.3	69.0	72.1	NE 0	NE 1	NE 1	NE 1	0	1	0	0
25	67.6	66.6	65.8	66.7	− 1.8	65.4	69.0	NE 0	NE 1	SW 1	var.	0	0	10	3
26	64.5	63.8	64.0	**64.1**	**− 4.3**	**63.6**	65.4	SW 1	SW 1	SW 0	SW 1	0	10	1	4
27	64.6	66.0	67.5	66.0	− 2.4	64.3	67.8	SW 0	SW 0	SW 0	calme	9	10	0	6
28	68.8	69.4	70.8	69.7	+ 1.4	67.8	71.0	SW 1	SW 2	SW 3	SW 2	0	1	10	4
29	70.8	70.2	68.8	69.9	+ 1.6	67.7	71.0	SW 2	SW 2	SW 1	SW 2	10	9	10	10
30	66.6	65.5	66.0	66.0	− 2.2	65.2	67.7	SW 1	NE 1	NE 1	NE 1	5	10	0	5
31	65.0	64.2	64.5	64.6	− 3.6	63.7	65.8	NE 1	SW 3	NE 1	NE 1	1	9	10	7
Mois	71.13	70.99	71.38	71.17	+ 2.77							2.5	3.3	3.6	3.1

Jour du mois	Température							Fraction de saturation en %						Pluie et Neige			
	7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 3 obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 3 obs.	Min.	Max.	Ancien Pluie	pluv. Neige	Nouv. Pluie	pluv. Neige
	°	°	°	°	°	°	°							mm	cm	mm	cm
1	4.4	9.8	5.6	6.6	+ 0.2	4.1	10 6	90	74	100	88	55	100	....	....	....	....
2	4.2	10.2	6.0	6.8	+ 0.4	4.0	11.3	99	60	96	85	47	100	....	....	....	....
3	6.6	10.8	4.4	7.3	+ 0.9	3.8	11.5	73	63	100	79	36	100	....	....	....	....
4	2.2	9.2	4.6	5.3	− 1.1	2.0	10.3	83	56	82	74	37	100	....	....	....	....
5	4.4	8.8	4.0	5.7	− 0.7	3.2	9.8	81	69	95	82	45	98	....	....	....	....
6	3.4	8.9	5.0	5.8	− 0.6	3.0	10.0	94	71	97	87	58	100	....	....	....	....
7	3.6	9.4	3.6	5.5	− 0.8	2.6	10 5	90	56	100	82	43	100	....	....	....	....
8	5.8	12.2	9.6	9.2	+ 2.9	2.2	13.7	38	42	57	**46**	32	94	....	....	....	....
9	10.0	17.8	10.6	12.8	+ 6 5	9.7	18.2	47	43	71	54	37	76	....	....	....	....
10	9.8	16.2	10.8	12.3	+ 6.0	9.6	17.8	74	58	88	73	46	92	....	....	....	....
11	9.8	16.2	10.8	12.3	+ 6.1	9.5	17.2	61	50	79	63	41	95	....	....	....	....
12	9.4	15.7	10.6	11.9	+ 5.7	9 0	16.5	79	62	90	77	47	94	....	....	....	....
13	10.2	16 4	12.4	13.0	+ 6.8	9.9	17.5	86	54	49	63	27	90	....	....	....	....
14	10.6	17.2	12.2	**13.3**	**+ 7.1**	10.3	**18 7**	69	44	52	55	**25**	73	....	....	....	....
15	10.2	15.8	10.6	12.2	+ 6.1	9.3	17.0	81	65	81	76	45	86	....	....	....	....
16	8.2	16.0	10.0	11.4	+ 5.3	8.0	17.3	86	52	85	74	31	93	....	....	....	....
17	8.0	12.8	6.8	9.2	+ 3.2	6.7	14.0	96	83	98	92	71	100	....	....	....	....
18	7.6	13.6	9.6	10.3	+ 4.3	7.3	14.8	92	65	87	81	48	96	....	....	....	....
19	8.4	14.4	11.0	11.3	+ 5.3	8.0	16.5	90	58	76	75	44	95	....	....	....	....
20	8.3	13.0	12.1	11.1	+ 5.2	8.0	15.8	91	60	36	62	27	94	....	....	....	....
21	11.4	15.8	10.2	12.5	+ 6.7	9.1	16.8	59	52	84	65	34	90	....	....	....	....
22	8.4	14.8	6.8	10.0	+ 4.2	6.0	15.9	86	54	100	80	43	100	....	....	....	....
23	5.2	10.8	6.6	7.5	+ 1 8	4.6	13.2	100	66	55	74	37	100	....	....	....	....
24	4.0	12.0	5.6	7.2	+ 1.5	3.7	13.7	78	55	96	76	40	98	....	....	....	....
25	4.4	10.3	5.6	6.8	+ 1.2	4.2	11.0	69	56	100	75	47	100	....	....	....	....
26	5.0	10.0	5.2	6.7	+ 1.2	4.6	11.2	85	57	86	76	43	100	3.0	....	3.3	....
27	4.6	6.8	5.4	5.6	+ 0.1	4.0	8.4	78	94	90	87	66	98	....	....	....	....
28	5.0	11.0	7.6	7.9	+ 2.5	4 7	12.0	90	67	100	86	52	100	....	....	....	....
29	6.4	9.8	8.0	8.1	+ 2.8	6.2	10.2	100	84	100	95	78	100	**12 6**	....	**19.3**	....
30	1 2	0.2	− 2 7	**− 0.4**	**− 5.6**	− 3.0	7.3	95	100	95	**97**	74	100	2.0	1	3.6	2
31	− 1 4	4.6	0.8	1 3	− 3.9	**− 4.0**	5.2	62	59	96	72	41	98	5.5	1	8.4	**3**
Mois	6.43	11.95	7.40	8.59	+ 2.61	5.49	13.35	81	62	85	76			23.1	2	34.6	5

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD — AOUT 1919

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — $0^{mm}.22$. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500mm + / Fraction de saturation en %

Heure	7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne	7 ½	13 ½	21 ½	Moy.
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	70.66	70 79	71.39	70.95	77	59	89	75
2e »	74.06	73.92	74 37	74.12	83	59	73	72
3e »	68.89	68 52	68.65	68.69	82	68	91	80
Mois	71.13	70 99	71.38	71 17	81	62	85	76

Température

Heure	7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne $\frac{7½ + 13½ + 21½}{3}$	Moyenne $\frac{7½ + 13½ + 2 \times 21½}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	5 44	11 33	6.42	7.73	7.40
2e »	9.07	15.11	10.61	11.60	11.35
3e »	4.93	9.65	5.37	6.65	6.33
Mois	6.43	11.95	7.40	8 59	8.30

Dans ce mois l'air a été calme 204 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{69}{27} = 2.55$

Pluie et neige dans le Val d'Entremont

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	Grand St-Bernard Anc. P.	Grand St-Bernard Nouv. P.
Eau en mm . .	31.5	25.3	23.3	23.1	34.6
Neige en cm . .	0	0	0	2	5

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

SEPTEMBRE 1919

Le 1, brise du lac de 11 à 17 h.
2, rosée le matin, brise du lac de 10 à 18 h.
les 3, 4 et 5, rosée le matin.
le 6, brise du lac de 10 à 18 h., couronne lunaire à 21 h. 30.
7, brise du lac de 10 à 17 h., orage à l'ouest à 13 h. 35. petite averse à 18 h. 30.
8, brise du lac de 10 à 17 h., orage à l'ouest à 14 h. 35.
9, brise du lac de 10 h. 30 à 19 h.
les 11, 12 et 13, rosée le matin, brise du lac de 10 à 19 h.
le 14, pluie de 18 à 19 h. et dans la nuit.
15, pluie de 18 à 22 h. et dans la nuit, orage à 18 h. 10.
16, orage à l'est à 17 h. 30, orage et pluie de 18 à 21 h.
18, rosée le matin, orage à l'est à 18 h. 30.
19, pluie de 7 h. 30 à 14 h. et de 19 h. 20 à 22 h., orage à l'ouest à 19 h.
21, nouvelle neige sur le Jura.
23, rosée le matin, pluie de 20 h. 30 à 22 h. 30.
24, petite pluie à 15 h.
25, rosée matin et soir.
26, rosée le matin, petite pluie dans la nuit.
27, petite pluie dans la nuit.
28, pluie de 9 à 14 h.
30, pluie dans la nuit.

GENÈVE — SEPTEMBRE 1919

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 8 obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Max.	Vent 7 ½	13 ½	21 ½	Dominant	V. moy. km/h.	Nébulosité 7 ½	13 ½	21 ½	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Nomb. d'heur.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm										h	mm	
1	28.2	28.4	27.9	27.76	0.00	26.2	28.6	SE 0	NNE 1	SE 0	NNE 1	5.9	9	1	0	2	9.1	...	....
2	27.7	26.3	24.9	26.41	− 1.33	24.7	27.9	SSE 0	NNE 1	NNE 0	NNE 1	3.8	8	4	1	3	10.8	...	....
3	24.3	23.7	26.8	24.82	− 2.90	23.4	27.5	SSW 0	NNE 0	SSW 1	SW 1	3.5	3	8	8	4	9.3	....	....
4	28.2	28.9	30.1	28.81	+ 1.11	27.5	31.0	NNE 0	W 1	NW 1	NW 1	3.4	0	1	1	1	12.2	....	....
5	31.5	30.5	30.4	30.76	+ 3.08	29.6	31.7	SSE 0	NNE 1	SE 0	NNE 1	2.3	0	0	0	0	**12.3**	...	....
6	30.5	29.4	29.4	29.76	+ 2.11	28.5	30.6	SSW 1	NNE 1	SW 0	NNE 1	2.9	0	0	0	0	**12.3**	....	....
7	31.2	30.9	31.7	31.03	+ 3.40	30.2	32.1	S 0	NNE 1	SW 1	NNE 1	2.6	0	4	8	4	9.2	0.2	...
8	32.9	32.2	32.4	32.33	+ 4.73	31.2	33.2	SSE 1	NNE 1	SSW 1	NNE 1	3.1	0	1	0	1	11.3	....	....
9	34.1	34.4	34.8	34.13	+ 6.55	33.2	35.1	SSW 0	NNE 1	S 1	NNE 1	2.4	0	0	0	0	11.2	....	....
10	35.8	35.7	35.3	**35.44**	+ **7.89**	34.5	**36.1**	SSW 0	NE 1	SE 0	NNE 1	2.3	0	0	0	0	11.8	....	....
11	35.7	34.2	32.7	34.33	+ 6.81	32.5	35.9	SSW 0	NNE 1	NNE 0	NNE 1	3.1	0	0	0	0	11.3	....	....
12	32.8	30.8	30.5	31.48	+ 3.99	29.4	32.9	SSW 0	NNE 1	NE 1	NNE 1	2.0	0	0	8	2	11.3	....	....
13	30.8	30.0	29.5	30.12	+ 2.66	28.5	31.2	SSW 0	NNE 1	E 0	NNE 1	2.5	3	8	1	6	9.3	...	....
14	29.6	28.7	28.9	28.96	+ 1.53	27.6	29.9	SE 0	NNE 1	SW 0	NNE 1	2.3	8	2	9	6	7.8	4.0	2
15	29.2	29.0	31.0	29.54	+ 2.14	28.6	31.2	SE 0	NNE 0	SW 0	calme	1.1	8	8	10	9	2.3	**45.8**	**6**
16	32.4	32.3	33.8	32.50	+ 5.13	31.2	34.1	SSE 0	SW 1	SSW 0	calme	1.3	4	2	6	5	6.2	28.0	3
17	34.3	33.2	32.5	33.46	+ 6.12	32.0	34.4	SE 1	NNE 1	NNE 0	NNE 1	2.8	9	0	0	4	9.0	...	....
18	30.8	28.4	25.3	28.61	+ 1.30	23.8	32.0	SE 0	NNE 1	SE 0	NNE 1	3.0	9	0	4	4	8.5	....	....
19	20.5	18.8	20.5	20.29	− 6.98	18.0	23.8	SSW 0	SE 0	SSE 0	calme	1.6	10	10	10	9	0.4	18.0	10
20	21.0	18.1	17.9	**19.38**	− **7.86**	**17.5**	21.3	SE 0	SSW 1	SW 1	SSW 1	7.2	1	8	0	5	3.5	....	....
21	19.1	21.2	21.7	20.12	− 7.09	17.6	21.9	SSW 1	W 1	SSW 1	SSW 1	10.0	7	8	0	6	2.0	....	....
22	22.3	22.2	23.2	22.33	− 4.85	21.1	23.8	S 1	SSW 1	SW 0	var.	3.6	1	3	0	3	9.4	....	...
23	24.0	22.7	23.4	23.38	− 3.76	22.3	24.2	NE 0	SW 2	SW 0	SSW 1	6.0	0	9	10	6	8.2	0.8	2
24	26.0	26.3	29.6	26.87	− 0.24	24.2	30.6	SE 0	NNE 1	NNE 0	var.	2.5	9	3	0	5	3.8	0.1	....
25	32.1	32.0	32.2	31.86	+ 4.79	30.6	32.9	NNW 0	NNE 0	NNW 0	NNE 1	2.4	1	1	0	1	10.7	....	....
26	31.3	29.8	28.8	30.16	+ 3.12	28.0	32.2	SSW 0	SSE 1	SSW 0	var.	2.1	0	0	9	1	10.2	0.1	....
27	26.5	24.5	22.3	24.98	− 2.02	20.6	28.6	SSW 0	SSW 1	SSW 0	SSW 1	2.7	2	9	10	8	6.5	0.1	...
28	19.3	20.5	23.7	20.94	− 6.03	19.2	24.6	SSW 0	NNW 0	NE 0	calme	0.8	9	10	3	7	3.6	4.7	5
29	27.8	28.6	30.3	28.21	+ 1.28	24.6	30.7	S 0	SSW 1	NNE 1	NNE 1	9.6	8	0	3	1	9.2	....	...
30	28.9	27.4	25.5	27.68	+ 0.78	24.5	30.3	NNE 1	NNE 1	NNE 1	NNE 1	12.5	10	2	0	4	6.1	2.5	1
Mois	28.63	27.97	28.23	28.22	+ 0.59							3.71	4.0	3.4	3.4	3.5	248.8	104.3	29

Jour du mois	Température							Fraction de saturation en %							Tempér. du Rhône		Limnimètre
	7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 8 obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 8 obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	Midi	Ecart. av. la norm.	
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm
1	12.0	17.5	13.4	14.59	− 2.00	10.5	18.5	97	58	82	77	+ 3	50	98	13.5	−4.8	1570
2	10.0	17.6	14.8	13.84	− 2.64	7.5	20.0	92	65	89	81	+ 7	58	93	13.4	−4.8	1555
3	12.6	19.4	17.6	17.84	+ 1.47	9.5	25.4	88	63	56	66	− 9	37	90	13.6	−4.6	1545
4	14.2	24.9	17.8	18.39	+ 2.14	11.0	26.1	78	41	63	**60**	−15	36	80	17.0	−1.1	1500
5	12.6	21.2	16.0	16.64	+ 0.51	10.0	23.4	83	54	69	69	− 6	43	87	17.2	−0.8	1505
6	13.4	22.0	19.0	17.26	+ 1.24	10.7	23.3	84	55	76	73	− 2	50	88	17.4	−0.6	1510
7	15.9	25.5	18.9	19.21	+ 3.32	12.8	25.8	85	46	88	73	− 3	41	90	—	—	1535
8	15.6	23.8	18.5	19.15	+ 3.38	13.8	25.5	87	56	79	75	− 1	43	96	18.0	+0.2	1530
9	15.0	22.5	18.2	18.61	+ 2.97	13.2	25.2	90	60	78	76	0	50	91	19.8	+1.0	1545
10	14.0	23.6	19.0	18.56	+ 3.04	12.0	25.6	85	53	67	71	− 5	45	90	20.0	+2.3	1565
11	14.5	24.2	19.2	19.06	+ 3.67	12.5	26.3	86	50	81	73	− 4	50	88	—	—	1605
12	15.6	23.9	22.0	20.64	+ 5.39	13.9	**28.5**	87	60	72	70	− 7	42	92	20.3	+2.8	1615
13	17.4	24.9	20.4	**20.95**	+ 5.83	14.8	27.0	76	39	65	61	**−16**	**35**	85	20.5	+3.0	1625
14	17.2	22.7	19.2	19.51	+ 4.53	15.5	24.3	81	59	87	74	− 3	51	96	—	—	1645
15	18.4	23.0	16.5	19.06	+ 4.21	15.0	23.5	93	60	98	87	+ 9	54	99	20.6	+3.3	1640
16	16.4	24.0	16.1	18.60	+ 3.89	15.0	25.2	98	60	98	88	**+10**	55	100	20.2	+3.0	1655
17	16.0	21.8	18.7	18.73	+ 4.17	14.5	23.3	97	67	91	84	+ 6	57	100	19.3	+2.2	1690
18	16.2	22.2	18.5	18.91	+ 4.49	14.8	24.7	93	67	78	79	+ 1	54	95	19.2	+2.2	1700
19	16.1	17.7	12.0	15.39	+ 1.11	11.0	19.3	95	87	87	89	**+10**	68	96	19.0	+2.1	1710
20	9.4	15.7	10.0	11.73	− 2.40	8.2	17.2	77	40	70	67	−12	37	88	18.3	+1.5	1725
21	8.0	11.2	5.6	**8.34**	**− 5.64**	5.0	12.5	50	58	84	67	−12	48	90	—	—	1710
22	4.6	15.0	9.7	9.09	− 4.74	**2.8**	16.0	84	40	69	68	−11	38	92	15.0	−1.6	1725
23	7.1	19.6	14.7	12.75	− 0.93	4.2	20.2	76	42	80	67	−12	41	90	11.5	−5.0	1730
24	14.8	19.0	15.2	16.20	+ 2.68	13.0	23.1	80	69	89	76	− 3	57	91	11.2	−5.2	1740
25	14.0	22.1	15.9	16.85	+ 3.48	12.0	25.0	93	62	89	81	+ 1	48	95	14.0	−2.3	1730
26	11.4	24.3	18.3	17.30	+ 4.09	9.8	25.0	93	51	80	77	− 3	48	97	14.5	−1.7	1730
27	15.4	23.0	19.0	18.93	**+ 5.88**	14.0	24.9	91	57	80	76	− 4	52	94	17.0	+0.9	1680
28	14.8	15.5	14.8	15.67	+ 2.78	13.3	19.2	93	89	95	**90**	**+10**	78	98	—	—	1645
29	14.4	21.6	13.7	16.54	+ 3.79	12.8	22.0	97	60	84	79	− 1	54	98	17.3	+1.4	1695
30	13.4	16.4	13.8	14.39	+ 1.82	12.0	18.0	84	71	90	83	+ 2	63	98	17.5	+1.7	1705
Mois	13.68	20.86	16.22	16.76	+ 2.10	11.50	22.80	86	58	80	75	− 2			17.01	−0.06	1635

MOYENNE DE GENÈVE — SEPTEMBRE 1919

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700 +

Heure	1 1/2	4 1/2	7 1/2	10 1/2	13 1/2	16 1/2	19 1/2	22 1/2	Moyenne
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	29.93	29.99	30.46	30.62	30.03	29.43	29.98	30.55	30.12
2e »	29.96	29.63	29.71	29.51	28.35	27.44	27.98	28.34	28.87
3e »	25.47	25.22	25.74	26.20	25.53	25.03	25.78	26.26	25.65
Mois	28.46	28.28	28.63	28.78	27.97	27.30	27.92	28.38	28.22

Température

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	13.43	12.00	13.53	18.64	21.80	22.77	20.66	16.44	17.41
2e »	15.95	14.61	15.72	20.05	22.01	22.41	18.70	16.62	18.26
3e »	11.88	10.84	11.79	15.83	18.77	18.87	15.28	13.58	14.61
Mois	13.75	12.48	13.68	18.17	20.86	21.35	18.21	15.55	16.76

Fraction de saturation en %

1re déc.	85	87	87	68	55	50	69	78	72
2e »	88	89	88	72	59	58	78	85	77
3e »	85	87	84	71	60	60	78	86	76
Mois	86	88	86	70	58	56	75	83	75

Dans ce mois l'air a été calme 483 fois sur 1000

Le rapport des vents $\frac{NNE}{SSW} = \frac{55}{28} = 1.96$

Moyennes des 3 observations (7 1/2, 13 1/2, 21 1/2)

	mm
Pression atmosphérique	28.28
Nébulosité	3.6
Temp. $\frac{7\,1/2 + 13\,1/2 + 22\,1/2}{3}$ . . .	16°.92
Temp. $\frac{7\,1/2 + 13\,1/2 + 2 \times 21\,1/2}{4}$.	16°.75
Fraction de saturation	75 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

		mm
Press. atmosphérique .	(1836-1875)	727.63
Nébulosité.	(1848-1875)	4.9
Hauteur de pluie . .	(1826-1875)	94.2
Nombre de jours de pluie	»	10
Temp. moyenne. . .	»	14°66
Fract. de saturation	(1849-1875)	77 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	Céligny	Collex	Chambésy	Châtelaine	Satigny	Athenaz	Compesières
Hauteur d'eau en mm	36.0	85.2	76.9	69.4	73.1	52.7	105.5

Station	Veyrier	Observatoire	Cologny	Puplinge	Jussy	Hermance
Hauteur d'eau en mm	104.2	104.3	62.1	72.1	96.3	36.5

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS DE

SEPTEMBRE 1919

Les 1, 3, 8, 23, 24, 29 et 30 brouillard une partie de la journée.
les 12, 23, 28 et 30 vent fort.
les 21 et 22 forte bise.

GRAND SAINT-BERNARD — SEPTEMBRE 1919

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm +							Vent				Nébulosité			
	7 1/2	13 1/2	21 1/2	Moyenne 3 obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	7 1/2	13 1/2	21 1/2	Dominant	7 1/2	13 1/2	21 1/2	Moyenne 3 obs.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm								
1	65.2	67.0	67.6	66.6	− 1.5	65.0	67.8	NE 1	NE 1	NE 0	NE 1	10	5	0	5
2	68.0	67.6	68.0	67.9	− 0.2	67.4	68.1	NE 0	NE 1	NE 0	NE 1	0	2	0	1
3	67.8	67.6	68.2	67.9	− 0.1	67.3	68.3	SW 2	SW 2	SW 1	SW 2	10	10	10	10
4	69.0	69.5	71.3	69.9	+ 1.9	68.3	71.5	SW 0	NE 1	NE 1	NE 1	2	4	0	2
5	71.6	72.1	72.7	72.1	+ 4.2	71.5	72.8	SW 0	SW 1	NE 2	var.	0	0	0	0
6	72.0	71.8	72.4	72.1	+ 4.2	71.6	72.7	NE 2	NE 2	NE 0	NE 2	0	0	1	0
7	72.7	73.4	73.7	73.3	+ 5.5	72.3	73.8	NE 1	NE 2	NE 1	NE 1	8	4	5	6
8	73.5	73.6	74.4	73.8	+ 6.1	73.3	74.5	NE 1	NE 1	NE 1	NE 1	10	2	0	4
9	74.7	75.5	76.0	75.4	+ 7.8	74.4	76.2	NE 0	NE 1	NE 0	NE 1	0	1	0	0
10	76.6	77.4	78.1	**77.4**	+ **9.8**	76.1	**78.2**	NE 1	SW 2	SW 2	SW 2	0	0	0	0
11	76.4	77.4	76.8	76.9	+ 9.4	76.1	78.0	SW 0	SW 2	SW 2	SW 2	0	0	1	0
12	74.8	74.3	74.3	74.5	+ 7.1	74.1	76.6	SW 0	SW 4	SW 2	SW 3	0	3	8	4
13	73.3	73.1	72.5	73.0	+ 5.6	72.2	74.2	SW 1	SW 2	SW 2	SW 2	5	4	6	5
14	71.6	71.6	71.5	71.6	+ 4.3	71.2	72.4	SW 1	SW 2	SW 2	SW 2	10	6	10	9
15	70.7	71.4	71.7	71.3	+ 4.1	70.5	71.8	SW 2	SW 2	SW 1	SW 2	10	10	10	10
16	72.4	72.5	74.4	73.1	+ 6.0	71.7	74.5	SW 0	SW 2	SW 2	SW 2	10	8	10	9
17	74.7	74.2	73.8	74.2	+ 7.1	73.5	74.9	SW 1	SW 1	NE 0	SW 1	8	8	2	6
18	72.6	70.5	68.4	70.5	+ 3.5	67.4	73.5	NE 0	SW 1	SW 1	SW 1	0	8	10	6
19	63.7	61.1	59.6	61.5	− 5.4	59.4	67.4	SW 0	SW 1	NE 1	var.	10	10	10	10
20	58.7	57.8	56.7	57.7	− 9.1	56.6	59.5	NE 1	SW 0	NE 1	NE 1	0	3	2	2
21	55.8	56.0	56.2	**56.0**	**−10.7**	**55.6**	56.6	NE 1	NE 2	NE 4	NE 2	2	6	10	6
22	57.6	58.6	61.3	59.2	− 7.4	57.3	61.6	NE 2	NE 2	NE 3	NE 2	8	2	10	7
23	62.6	64.6	66.0	64.4	− 2.2	61.6	66.3	SW 3	SW 3	SW 1	SW 2	0	2	10	4
24	67.7	68.4	70.2	68.8	+ 2.3	66.3	70.5	SW 2	SW 1	SW 0	SW 1	10	10	10	10
25	70.9	71.9	72.8	71.9	+ 5.5	70.5	72.9	SW 0	SW 1	NE 1	var.	0	1	0	0
26	72.1	71.7	71.5	71.8	+ 5.5	71.3	72.6	SW 0	SW 0	SW 0	calme	0	1	0	0
27	69.2	68.0	66.6	67.9	+ 1.7	66.3	71.3	SW 1	SW 0	SW 1	SW 1	8	8	10	9
28	64.0	62.7	65.4	64.0	− 2.1	62.6	66.3	SW 1	SW 1	SW 1	SW 1	10	10	1	7
29	68.0	69.0	69.8	68.9	+ 2.9	66.0	70.2	SW 1	SW 1	NE 2	SW 1	10	4	10	8
30	70.0	70.0	69.3	69.8	+ 3.8	68.8	70.1	SW 2	SW 3	SW 3	SW 3	10	10	10	10
Mois	69.26	69.34	69.71	69.44	+ 1.99							5.0	4.7	5.2	5.0

Jour du mois	Température							Fraction de saturation en %						Pluie et Neige			
	7 1/2	13 1/2	21 1/2	Moyenne 3 obs.	Ecart. av. la norm.	Min	Max.	7 1/2	13 1/2	21 1/2	Moyenne 3 obs.	Min.	Max.	Ancien pluv. Pluie	Ancien pluv. Neige	Nouv. pluv. Pluie	Nouv. pluv. Neige
	°	°	°	°	°	°	°							mm	cm	mm	cm
1	− 0.2	4.2	2.0	2.0	− 3.1	− 0.6	6.8	100	88	74	87	70	100	....	....	....	....
2	2.6	10.0	5.6	6.1	+ 1.1	2.0	12.5	62	40	80	61	30	87	....	....	....	....
3	2.6	7.6	5.0	5.1	+ 0.2	1.8	9.4	100	75	94	90	70	100	2.0	....	2.2	....
4	4.2	8.6	5.2	6.0	+ 1.2	3.8	10.2	79	78	86	81	68	97	....	....	....	....
5	5.5	11.0	8.0	8.2	+ 3.5	5.0	14.2	52	48	60	**53**	37	92	....	....	....	....
6	7.6	12.4	7.6	9.2	+ 4.6	7.0	13.7	51	53	64	56	48	70	....	....	....	....
7	6.6	12.0	7.2	8.6	+ 4.1	6.4	14.2	100	65	97	87	54	100	....	....	....	....
8	6.2	12.4	7.6	8.7	+ 4.3	6.0	13.5	99	56	75	77	41	100	....	....	....	....
9	6.6	13.0	8.6	9.4	+ 5.1	6.2	13.8	83	46	80	70	42	85	....	....	....	....
10	8.2	12.6	10.4	**10.4**	+ **6.2**	7.6	13.7	82	48	66	65	40	88	....	....	....	....
11	7.6	13.0	9.0	9.9	+ 5.8	7.4	**14.4**	62	46	84	64	41	87	....	....	....	....
12	7.0	11.0	7.6	8.5	+ 4.5	6.8	12.0	75	70	85	77	67	87	....	....	....	....
13	5.4	9.0	6.0	6.8	+ 2.9	5.3	9.4	90	71	85	82	64	94	....	....	....	....
14	5.2	6.8	6.0	6.0	+ 2.2	4.9	8.6	89	90	100	93	77	100	....	....	....	....
15	5.2	6.0	6.2	5.8	+ 2.2	5.0	6.6	100	100	80	93	78	100	....	....	....	....
16	5.0	7.6	6.2	6.3	+ 2.8	4.7	8.1	99	86	95	93	72	100	2.3	....	3.2	....
17	6.4	8.6	7.2	7.4	+ 4.0	6.1	10.2	84	75	98	86	67	98	....	....	....	....
18	5.6	8.9	5.6	6.7	+ 3.4	5.2	9.1	83	65	95	81	60	98	18.0	....	**24.8**	....
19	3.5	2.7	1.6	2.6	− 0.5	1.2	5.2	100	100	87	96	81	100	4.0	....	10.4	....
20	− 3.9	4.1	0.6	0.3	− 2.7	− 4.7	4.6	95	32	89	72	24	98	....	....	....	....
21	− 3.4	− 0.8	− 7.2	− **3.8**	− **6.7**	− 7.4	− 0.4	70	70	100	80	**22**	100	0.8	**2**	2.3	**5**
22	− 7.2	− 1.8	− 1.6	− 3.5	− 6.3	− **7.5**	− 0.8	77	61	35	58	32	98	....	....	....	....
23	− 2.8	1.2	− 1.4	− 1.0	− 3.6	− 3.2	2.0	66	65	100	77	26	100	1.6	1	2.8	2
24	− 0.6	1.0	1.2	0.5	− 3.0	− 1.3	1.3	100	100	100	100	100	100	....	....	....	....
25	2.0	6.0	4.0	4.0	+ 1.6	1.2	6.3	85	77	94	85	72	98	....	....	....	....
26	3.2	7.3	5.2	5.2	+ 3.0	3.1	8.6	91	80	96	89	64	98	....	....	....	....
27	5.3	6.2	4.7	5.4	+ 3.3	4.0	6.8	82	100	100	94	76	100	**19.0**	....	20.0	....
28	3.3	4.4	4.0	3.9	+ 2.0	3.0	5.3	100	100	100	100	100	100	11.0	....	12.6	....
29	3.0	5.6	4.4	4.3	+ 2.5	2.8	6.1	100	100	100	100	98	100	....	....	....	....
30	2.6	5.0	4.8	4.1	+ 2.4	2.5	6.0	100	100	100	100	99	100	15.0	....	17.5	....
Mois	3.41	7.19	4.71	5.10	+1.78	2.81	8.38	85	73	87	82			73.7	3	95.8	7

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD — SEPTEMBRE 1919

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — 0mm.22. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500mm +

Heure	7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne
	mm	mm	mm	mm
1re décade	71.11	71.55	72.24	71.64
2e »	70.89	70.39	69.97	70.42
3e »	65.79	66.09	66.91	66.27
Mois	69.26	69.34	69.71	69.44

Fraction de saturation en %

Heure	7 ½	13 ½	21 ½	Moy.
1re décade	81	60	78	73
2e »	88	73	90	84
3e »	87	85	92	88
Mois	85	73	87	82

Température

Heure	7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne $\frac{7\frac{1}{2}+13\frac{1}{2}+21\frac{1}{2}}{3}$	Moyenne $\frac{7\frac{1}{2}+13\frac{1}{2}+2\times21\frac{1}{2}}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	4.99	10.38	6.72	7.36	7.20
2e »	4.70	7.77	5.60	6.02	5.92
3e »	0.54	3.41	1.81	1.92	1.89
Mois	3.41	7.19	4.71	5.10	5.00

Dans ce mois l'air a été calme 233 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{40}{70} = 0.57$

Pluie et neige dans le Val d'Entremont

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	Grand St-Bernard Anc. P.	Grand St-Bernard Nouv. P.
Eau en mm . .	33.7	29.0	33.1	73.7	95.8
Neige en cm . .	0	0	0	3	7

LA STRUCTURE DES ATOMES[1]

PAR

A. BERTHOUD

(Avec 1 graphique).

Les notions d'élément chimique indécomposable et d'atome indivisible, introduites dans la science par Dalton, ont été intimément liées au merveilleux développement de la chimie théorique dans le cours du siècle passé. Aujourd'hui encore, elles suffisent à l'interprétation des phénomènes purement chimiques dans lesquels les atomes se comportent comme s'ils étaient impartageables.

Tant que l'on a cru pouvoir s'en tenir rigoureusement à ces notions, il va de soi que le problème de la constitution atomique ne se posait pas. Cependant le caractère trop absolu des conceptions daltoniennes ne devait pas tarder à se manifester dans les phénomènes d'ordre divers, parmi lesquels il faut mentionner spécialement l'existence de relations entre les propriétés des éléments et leurs poids atomiques, relations qui ont trouvé leur expression dans la classification de Mendelejeff.

Ces relations seraient inconcevables si chaque atome était un tout indivisible, si les éléments étaient irréductibles l'un à l'autre et différents dans leur substance même. Elles ne deviennent concevables que si on suppose que les atomes ne sont pas simples, mais représentent des systèmes plus ou moins complexes entre lesquels existent certains rapports de structure.

[1] Conférence faite devant la Société helvétique des Sciences naturelles, dans sa 100me réunion, le 7 septembre 1919, à Lugano.

Quoique la notion d'atome se soit ainsi modifiée, pendant longtemps toute hypothèse précise sur la constitution de la matière est restée impossible, car une base expérimentale faisait défaut. On n'entrevoyait aucune méthode capable de révéler la structure atomique, dont l'étude paraissait réservée à un avenir encore lointain. Cependant, beaucoup plus tôt qu'on n'eût osé l'espérer il y a vingt à trente ans, certains phénomènes inattendus ont permis d'aborder le problème avec succès.

C'est la découverte des rayons de Röntgen (1895), suivie bientôt de celle de la radioactivité, qui a ouvert une ère nouvelle pour la question de la constitution de la matière. En réalité, un rapport entre la structure atomique et les rayons X ne s'est révélé que plus tard, mais les recherches auxquelles ces rayons ont donné lieu ont amené rapidement une découverte de la plus grande importance, celle de *l'électron.*

C'est le nom qui a été donné à une particule très petite, chargée d'électricité négative, que la matière émet dans diverses circonstances. Sa charge électrique est la plus faible qu'on rencontre jamais, c'est la charge élémentaire d'électricité ; toute quantité d'électricité, quelle qu'elle soit, est un multiple entier de cette charge. Les dimensions de l'électron sont incomparablement plus faibles que celles de l'atome. Par rapport à un atome, représenté par une sphère de 10 m de diamètre, l'électron n'est qu'une particule presque microscopique dont le diamètre ne dépasse pas $0^{mm},1$.

La masse de l'électron est 1830 fois plus faible que celle de l'atome le plus léger, celui d'hydrogène, et il faut insister sur un caractère très important de cette masse.

C'est un fait connu de chacun que l'électricité possède une propriété qui est ordinairement considérée comme un des attributs caractéristiques de la matière, à savoir l'inertie ou la masse. Une particule électrisée possède donc, en vertu de sa charge, une certaine inertie, une certaine masse. Or, il est à peu près certain que la masse entière de l'électron n'a pas d'autre origine, c'est-à-dire qu'elle est due uniquement à sa charge électrique. L'électron se présente donc comme un cor-

puscule d'électricité sans support matériel au sens ordinaire du mot. C'est tout à la fois la particule élémentaire d'électricité négative et une particule élémentaire de matière.

Différents phénomènes optiques ou magnétiques et le fait que toute matière est capable d'émettre des électrons, dans des conditions variées, indiquent que l'électron est un élément constitutif de tous les corps. Et c'est ainsi qu'on a été conduit à la conception électrique de la matière suivant laquelle toute substance est formée par une agglomération de particules d'électricité.

Il est clair que la matière, électriquement neutre, ne peut être constituée par des électrons négatifs seulement. Leurs charges doivent être compensées par des quantités égales d'électricité de signe contraire. L'existence de l'électron négatif appelle donc celle de l'électron positif. Or, malgré des recherches assidues, jamais l'électricité positive n'est apparue liée à une masse inférieure à celle d'un atome. Nous aurons à y revenir.

Le phénomène de la radioactivité est trop connu pour qu'il soit nécessaire de le décrire ici. Chacun sait qu'il résulte d'une instabilité de l'atome qui peut se transformer spontanément avec une grande violence en projetant un de ses fragments qui peut être soit un électron négatif ou particule β, dont la vitesse approche parfois de celle de la lumière, soit une particule α, beaucoup plus grosse, qui consiste en un atome d'hélium (He $=$ 4) portant deux charges élémentaires d'électricité positive.

La radioactivité nous fait donc assister à une véritable transmutation des éléments et réalise sous une forme inattendue le rêve des alchimistes. Elle nous apporte la preuve directe et tangible de la complexité de l'atome et nous apprend qu'à côté de l'électron et jouant un rôle évidemment différent, la particule α est l'un des moellons de l'édifice atomique.

L'étude de la radioactivité a révélé à l'existence de nombreux éléments que rien auparavant ne laissait prévoir et la question s'est naturellement posée de leur trouver une place dans le système périodique. Pour quelques-uns des premiers qui furent découverts cela ne présenta aucune difficulté; mais à mesure que

leur nombre augmentait (on en connaît aujourd'hui une quarantaine), il devint évident que sans élargir le cadre du système périodique, il serait impossible de les y faire rentrer tous. Le nombre des places disponibles dans la région qui correspond à leurs poids atomiques, tous compris entre 206 et 238, est manifestement insuffisant.

Cependant les recherches dont les propriétés chimiques des éléments radioactifs ont été l'objet ont mis en lumière un fait absolument inattendu. Malgré leurs poids atomiques différents, certains éléments présentent une concordance parfaite dans toutes leurs propriétés chimiques, de sorte qu'il est impossible de les séparer chimiquement quand ils sont mélangés. Le premier exemple fut observé par Boltwood, il y a une dizaine d'années, avec le thorium et le radiothorium. Dès lors le nombre des cas analogues s'est multiplié et il serait oiseux d'en faire une énumération. C'est le phénomène de l'*isotopie*. Or, il est clair que deux éléments chimiquement identiques doivent occuper la même place dans le système périodique. Le petit nombre des places disponibles cesse donc d'être un obstacle à les y faire entrer tous.

La classification des éléments radioactifs a été facilitée par la découverte, due particulièrement à Soddy[1] et Fajans[2], de deux lois, dites *lois de déplacement,* qui expriment une relation très remarquable entre le déplacement qu'un élément subit dans le système périodique, ensuite de sa transformation radioactive, et la nature des rayons émis. *Dans toute transformation liée à une émission de rayons α, l'élément se déplace de deux rangs dans le sens des poids atomiques décroissants, ce qui revient à dire que son numéro d'ordre diminue de deux unités. Ce numéro d'ordre augmente au contraire d'une unité quand il y a émission de rayons β.*

Un coup d'œil jeté sur le tableau I qui représente la série radioactive de l'uranium montre que ces règles se vérifient sans exception. Des éléments tels que UI et UII ou bien RaB, RaC et RaG sont chimiquement identiques, malgré leurs poids

[1] *Chem. News*, t. 107, p. 97 (1913).
[2] *Phys. Zeit.*, t. XIV, p. 131 et 136.

atomiques différents. L'UX_1, UX_2 et UII ont au contraire des propriétés différentes quoiqu'ils aient le même poids atomique[1].

Actuellement, tous les éléments radioactifs ont trouvé place dans la classification périodique et on voit, dans le tableau II, que presque chaque place, du thallium à l'uranium, est occupée par un groupe de plusieurs isotopes qui forment une *pléiade*. Celle du plomb, par exemple, ne compte pas moins de 7 éléments entre lesquels la différence des poids atomiques s'élève à 8 unités.

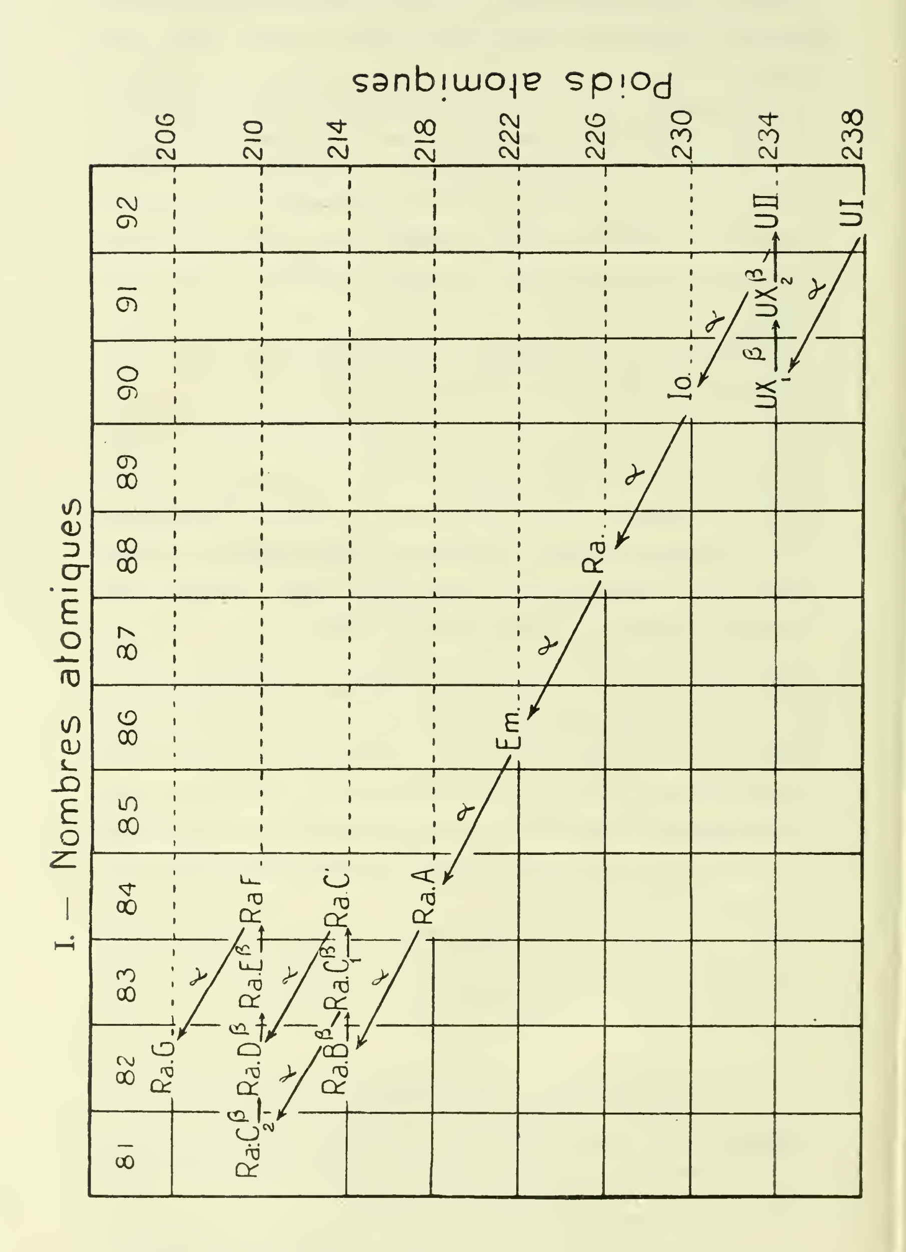
Le phénomène de l'isotopie n'est d'ailleurs pas limité aux éléments radioactifs. Il y a longtemps qu'on a de sérieuses raisons de penser que le dernier terme de la série de l'uranium, le radium-G, n'est autre chose que du plomb. Mais le poids atomique de ce dernier métal est 207,2, tandis que celui du radium-G doit être 206. Il était donc à prévoir que le plomb contenu dans les minerais d'uranium et provenant, en partie au moins, de la désintégration de cet élément, doit avoir un poids atomique inférieur à celui du plomb commun.

Cette prévision s'est trouvée exactement confirmée par les recherches auxquelles se sont livrés plusieurs expérimentateurs. Les nombres obtenus varient suivant la nature du minerai uranifère dont le plomb a été extrait, mais ils sont toujours inférieurs à 207,2. La valeur la plus faible a été trouvée par Hönigschmid, en partant d'un minerai d'uranium très pur; elle est égale à 206,0 et correspond donc exactement au nombre calculé pour le radium-G.

Ce n'est d'ailleurs pas le seul cas où une preuve directe a été donnée qu'une différence de poids atomique n'entraîne pas nécessairement un changement dans les propriétés[2].

[1] Il est à remarquer que le poids atomique n'a été déterminé directement que pour un très petit nombre d'éléments radioactifs. Pour les autres, il peut facilement se calculer. Ainsi le Ra se transforme en RaG en perdant 5 particules α. Le poids atomique de RaG est donc égal à celui du Ra, 226, diminué de 5 fois 4, soit égal à 206.

[2] C'est ainsi que Hönigschmid a réussi à extraire d'un minerai très pauvre en thorium, un mélange de thorium et d'ionium dont les propriétés, abstraction faite d'une forte radioactivité, ne diffèrent pas de celles du


Poids atomiques
206
210
214
218
222
226
230
234
238
I. — Nombres atomiques
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
UI
UII
UX₁
UX₂
Io.
Ra.
Em.
Ra.A
Ra.B
Ra.C₁
Ra.C'
Ra.C₂
Ra.D
Ra.E
Ra.F
Ra.G.
α
β

II. — Système périodique des éléments.

	O	I a b	II a b	III a b	IV a b	V a b	VI a b	VII a b	VIII
1 H 1,008	2 He 4,00	3 Li 6,94	4 Be 9,1	5 B 11,0	6 C 12,005	7 N 14,01	8 O 16	9 F 19,0	
	10 Ne 20,2	11 Na 23,00	12 Mg 24,32	13 Al 27,1	14 Si 28,3	15 P 31,04	16 S 32,06	17 Cl 35,46	
	18 A 39,88	19 K 39,10	20 Ca 40,07	21 Sc 44,1	22 Ti 48,1	23 V 51,0	24 Cr 52,0	25 Mn 54,93	26 Fe 27 Co 28 Ni 55,84 58,97 58,68
		29 Cu 63,57	30 Zn 65,37	31 Ga 69,9	32 Ge 72,5	33 As 74,96	34 Se 79,2	35 Br 79,92	
	36 Kr 82,92	37 Rb 85,45	38 Sr 87,63	39 Yt 88,7	40 Zr 90,6	41 Nb 93,1	42 Mo 96,0	43-	44 Ru 45 Rh 46 Pd 101,7 102,9 106,7
		47 Ag 107,88	48 Cd 112,4	49 In 114,8	50 Sn 118,7	51 Sb 120,2	52 Te 127,5	53 I 126,92	
	54 X 130,2	55 Cs 132,81	56 Ba 137,37	57 La 139,0	58 Ce 140,25	59 Pr 140,9	60 Nd 61- 144,3	62 Sm 63 Eu 150,4 152,0	64 Gd 65 Tb 157,3 159,2
	66 Dy 162,5	67 Ho 68 Er 163,5 167,7	69 Tu 168,5	70 Yb 71 Lu 173,5 175	72-	73 Ta 181,5	74 W 184,0	75-	76 Os 77 Ir 78 Pt 190,9 193,1 195,2
		79 Au 197,2	80 Hg 200,6	81 Th 204,0 *Ac D* 207 *Th D* 208,4 *Ra C₂* 210	82 Pb 207,2 *RaG* 206 *ThE* 208,4 *RaD* 210 *AcB* 211 *ThB* 212,4 *RaB* 214	83 Bi 208,0 *RaE* 210 *AcC₁* 211 *ThC₁* 212,4 *RaC₁* 214	84 *Po* 210 *ThC₂* 212,4 *RaC'* 214 *AcA* 215 *ThA* 216,4 *RaA* 218	85-	
	86 *RaEm* 222 *ThEm* 220,4 *AcEm* 219	87-	88 *Ra* 226,0 *AcX* 223 *ThX* 224,4 *Ms Th I* 228,4	89 *Ac* 227 *Ms Th II* 228,4	90 *Th* 232,4 *UX₁* 234,2 *Io* 230,2 *Ra Th* 228,4 *Ra Ac* 227	91 *Bv* 234,2	92 *UI* 238,2 *UII* 234,2		

La préparation en quantités pesables d'isotopes tels que le plomb et le radium-G a permis d'exécuter des recherches très précises relativement au degré de concordance dans les propriétés des isotopes. Or, ni dans les propriétés chimiques, ni dans les propriétés physiques (la radioactivité exceptée), il n'a été possible de mettre en évidence la moindre différence, pas même dans le spectre lumineux qui ordinairement change du tout au tout quand on passe d'un élément à un autre. Le spectre du radium -G est identique à celui du plomb commun, celui de l'ionium est identique à celui du thorium.

Il est à remarquer que cette identité concerne les propriétés de l'atome. C'est ainsi, par exemple, que l'eau ne dissout pas des poids égaux, mais des quantités équimoléculaires d'azotate de plomb ou d'azotate de radium-G, et que, de même, ce ne sont pas les densités ou les volumes spécifiques du plomb et du radium-G qui ont la même valeur, mais leurs volumes atomiques.

Il est inutile d'insister sur l'importance de ces observations inattendues. Si parmi les principes qui sont à la base de la chimie théorique il en est un qui paraissait ne pas devoir être mis en doute, c'est bien celui de l'existence d'un rapport de dépendance entre les propriétés d'un élément et son poids atomique. Et nous trouvons ce principe doublement en défaut. D'une part le poids de l'atome varie, dans nombre de cas, sans que ses propriétés en soient affectées, d'autre part, des éléments de même poids atomique ont parfois des propriétés différentes.

Ce n'est donc pas le poids atomique qui détermine les propriétés d'un élément, comme on l'admet depuis Mendelejeff; elles dépendent seulement de la place qu'il occupe dans le système périodique ou de son numéro d'ordre, qu'on nomme aujourd'hui le *nombre atomique*.

Cela serait incompréhensible si le nombre atomique n'était qu'un simple numéro d'ordre; il est évident qu'il doit avoir

thorium le plus pur et dont le poids atomique moyen, 231,5, est cependant, conformément aux prévisions, sensiblement inférieur à celui de ce dernier métal. (Th = 232,15; le poids atomique calculé pour l'ionium est 230,2). *Monatsh.*, t. 27, p. 305 et 335 (1915).

une signification plus profonde; on ne peut concevoir qu'il détermine les propriétés de l'atome que s'il correspond à quelque chose dans l'édifice atomique.

La plupart des propriétés des éléments sont des fonctions très complexes et périodiques du nombre atomique. Il en est une cependant qui en dépend d'une manière simple et qui par là prend un certain intérêt.

Lorsqu'un élément est soumis, comme anticathode, à un bombardement par des rayons cathodiques d'une vitesse suffisante, il émet des rayons X de longueurs d'onde déterminées et caractéristiques de l'élément considéré. Par réflexion sur une face d'un cristal, on peut séparer ces rayons et on est parvenu à en photographier le spectre. Ce spectre, dit de *haute fréquence*, est beaucoup plus simple qu'un spectre lumineux. Il est formé de plusieurs séries de lignes dont les deux plus importantes sont désignées par les lettres K et L. La première qui comprend les rayons les plus pénétrants, est formée de deux lignes α et β, tandis que la série L en compte un nombre variable.

Les spectres de haute fréquence des divers éléments présentent une grande analogie. Cette ressemblance tient à ce que les fréquences des lignes correspondantes d'une même série, des lignes α de la série K, par exemple, sont une fonction très simple du nombre atomique. Un physicien anglais, Moseley [1] a constaté, en effet, que les racines carrées des fréquences sont approximativement proportionnelles aux nombres atomiques [2]. Si dans un système de coordonnées, on porte l'une de ces grandeurs en abscisse et l'autre en ordonnée, on obtient une ligne droite pour chaque série de rayons.

Le spectre de haute fréquence est donc déterminé simplement par le nombre atomique et inversement, connaissant ce spectre

[1] *Phil. Mag.*, XXVI, p. 1024 (1913) et XXVII, p. 703 (1914).

[2] Cette loi exprimée par la relation $\sqrt{\nu} = A.N$, n'est qu'approximative. Les résultats expérimentaux sont représentés plus exactement par la formule

$$\nu = A\,(N - b)^2$$

où A et b sont des constantes caractéristiques de chaque série de li-

pour un élément donné, on peut en déduire le nombre atomique.

Les recherches systématiques effectuées par Moseley, puis par Siegbahn et ses collaborateurs, par de Broglie, etc., ont permis de fixer ainsi le nombre atomique de tous les éléments connus, du sodium à l'uranium (à l'exception des gaz nobles). Ces nombres sont compris entre 11 pour le sodiun et 92 pour l'uranium, et dans toute cette série de nombres entiers, il n'y en a que six qui ne correspondent à aucun élément connu. On peut en inférer qu'entre le sodium et l'uranium, il ne reste à découvrir que six éléments, savoir : un métal alcalin (87), un halogène (85), vraisemblablement radioactifs l'un et l'autre, deux éléments des terres rares (61 et 72), et enfin deux homologues du manganèse (43 et 75).

On voit immédiatement l'importance de ces résultats au point de vue de la classification des éléments[1]. Mais pour le sujet qui nous occupe, le principal intérêt de la loi de Moseley consiste en ce qu'elle met en lumière l'existence, dans l'intérieur de l'atome, d'une grandeur, représentée par le nombre atomique, qui croît régulièrement quand on passe d'un élément au suivant.

gnes. Pour les lignes α de la série K, la fréquence ν est donnée par la relation

$$\nu_{K.\alpha} = \frac{3}{4} \cdot \nu_0 (N - 1)^2$$

et pour les lignes α de la série L, par :

$$\nu_{L.\alpha} = \frac{5}{36} \cdot \nu_0 (N - 7,4)^2 .$$

Dans ces formules ν_0 représente la *constante de Rydberg*. Voir note 1, p. 492.

[1] Les éléments des terres rares qu'on a parfois comparés à un groupe d'isotopes, évidemment à tort, ont des spectres de haute fréquence différents. Leurs nombres atomiques sont compris entre 57 et 72 et ce résultat vient mettre fin aux discussions relatives à la position qu'il faut leur attribuer dans le système périodique. Il n'y a pas de doute qu'ils doivent se placer à la suite l'un de l'autre, entre le baryum et le tantale, où ils ont une situation exceptionnelle et anormale, puisqu'ils viennent interrompre la périodicité dans la variation des propriétés des éléments en fonction de leurs nombres atomiques.

Mais quelle est la nature de cette grandeur? que représente-t-elle dans l'édifice atomique?

C'est l'étude du passage des rayons α ou β à travers la matière qui est venue apporter une réponse à cette question en rélévant les caractères fondamentaux de la structure de l'atome.

Un fait essentiel est que les rayons α (du radium, par exemple) sont capables de traverser en ligne droite, et sans subir une grande diffusion, des pellicules métalliques de plusieurs centièmes de millimètres d'épaisseur ou des couches de gaz de plusieurs centimètres. Si on considère que ces pellicules ou ces couches de gaz sont formées de milliers d'atomes juxtaposés, il est absolument exclu que les particules α passent dans les interstices qu'ils laissent entre eux; il faut qu'elles traversent les atomes eux-mêmes.

Ce phénomène serait inconcevable si les atomes étaient massifs. Il met en évidence leur structure extrêmement lacunaire. L'atome doit être formé de particules très petites par rapport à ses propres dimensions et qui laissent entre elles des espaces relativement considérables, et ces corpuscules ne peuvent être que des électrons.

Les particules α ou β ne traversent cependant pas la matière sans aucune diffusion et les déviations qu'elles subissent, sous l'action des forces électriques dont l'atome est le siège, donnent de précieux renseignements sur la répartition des charges positives et négatives.

Une interprétation de ces déviations a été tentée par J.-J. Thomson sur la base d'un modèle d'atome dans lequel l'électricité positive est supposée répartie uniformément dans une sphère dont le volume est égal à celui de l'atome et dans laquelle les électrons négatifs sont distribués régulièrement[1].

Malgré le rôle que les idées de Thomson et son modèle d'atome ont eu dans le développement de nos conceptions sur la constitution atomique, nous ne pouvons pas nous y arrêter, car elles ne permettent pas de rendre compte de plusieurs phénomènes

[1] *Phil. Mag.*, t. 21, p. 237 (1904).

observés. En ce qui concerne la dispersion des particules α, la théorie de Thomson suppose qu'une de ces particules ne subit jamais, en traversant un atome, qu'un faible changement de direction. Les fortes déviations qu'on observe toujours en petit nombre sont attribuées à des rencontres répétées. Or, une analyse serrée des résultats expérimentaux de Geiger et Marsden[1] indique que cette supposition est erronée. La rencontre avec un seul atome peut provoquer une déviation très forte, dépassant parfois 90°. C'est d'ailleurs ce que l'observation directe de la trajectoire des particules α, par la méthode de Wilson, a permis de vérifier.

Si on considère l'énorme vitesse que possèdent les particules α, il devient évident qu'une telle déviation implique l'action d'un champ de force très intense et tel qu'il ne peut exister dans l'atome de Thomson. Pour obtenir un champ suffisamment puissant, il faut supposer, avec Sir Rutherford[2], que la charge positive n'est pas répartie dans tout le volume de l'atome, mais qu'elle est condensée en son centre, dans une région très petite, tandis que les électrons négatifs circulent autour de ce noyau, dans un espace relativement grand. L'atome nous donne ainsi l'image d'un système solaire en miniature, dans lequel le soleil est représenté par le noyau positif et les planètes par des électrons négatifs plus ou moins nombreux.

La manière très satisfaisante dont on arrive ainsi à rendre compte de la dispersion des particules α qui traversent une couche de matière constitue pour la théorie de Rutherford et son modèle d'atome une confirmation expérimentale d'un très grand poids.

On conçoit qu'une particule α ou β soit déviée d'autant plus qu'elle passe plus près du noyau et il est possible de calculer, d'après sa déviation, la distance dont elle s'est approchée du centre de l'atome. C'est ainsi qu'on a pu se faire une idée des dimensions du noyau et en démontrer l'extrême petitesse. D'après les calculs de Rutherford, le diamètre du noyau positif de l'or, par exemple, ne dépasse pas 3.10^{-12} cm; il est donc au

[1] *Proc. Roy. Soc.*, A. 82, p. 495 (1909); *Phil. Mag.*, 25, p. 604 (1913).
[2] *Phil. Mag.*, 21, p. 669 (1911); 28, p. 488 (1914).

moins 10.000 fois plus faible que celui de l'atome. Le noyau de l'hydrogène, ainsi qu'on devait s'y attendre, est encore beaucoup plus petit. D'après la vitesse maximum qu'une particule α imprime à cet atome, lorsqu'elle vient le frapper, on a pu déduire que la somme des rayons des noyaux de l'hydrogène et de l'hélium n'est pas supérieure à $1{,}7.10^{-13}$ cm. Le noyau atomique de l'hydrogène n'atteint donc pas même les dimensions de l'électron (diamètre 2.10^{-13} cm) et il est probable qu'il est beaucoup plus petit, car le nombre indiqué, $1{,}7.10^{-13}$, est une limite supérieure[1].

Enfin la dispersion des particules α ou β traversant la matière a permis d'évaluer une grandeur d'un intérêt fondamental, à savoir la charge électrique du noyau positif. Or, les résultats trouvés par Rutherford justifient l'opinion, déjà émise auparavant par van den Broek, que cette charge, si on prend comme unité celle de l'électron, est exprimée par le nombre atomique. Et ainsi la signification de ce nombre, dont nous avons déjà relevé toute l'importance, nous est donnée. Il est d'ailleurs facile de concevoir comment la charge électrique du noyau peut être le facteur déterminant les propriétés de l'atome; mais avant d'aborder cette question quelques remarques sont nécessaires.

Constatons d'abord que cette égalité du nombre atomique et de la charge positive du noyau est en parfait accord avec les lois de déplacement, dont nous parlions il y a un instant, et nous en apportent l'explication, si on admet que les particules α ou β émises dans les transformations radioactives proviennent du noyau. S'il en est ainsi, il est clair que l'émission d'une particule α, qui emporte deux charges positives, doit diminuer la charge du noyau de deux unités et par conséquent entraîner un déplacement de l'élément de deux rangs dans le sens des nombres atomiques décroissants. Si c'est une particule β qui est émise, la charge positive se trouve au contraire augmentée d'une unité et par conséquent aussi le nombre atomique.

Le nombre des électrons négatifs qui circulent autour du

[1] RUTHERFORD et NUTTAL. *Phil. Mag.*, t. 26, p. 702 (1913) et RUTHERFORD. *Phil. Mag.*, t. 27, p. 488 (1914).

noyau et qui compensent sa charge positive doit évidemment, lui aussi, être égal au nombre atomique, puisque l'atome pris dans son ensemble est électriquement neutre. Ces électrons extérieurs (dont le nombre ne dépasse jamais 92, valeur atteinte pour l'uranium) ne forment donc qu'une très minime partie de la masse de l'atome. Cette masse se trouve ainsi concentrée presque totalement dans le noyau, dont la densité, s'il est permis d'employer ici ce terme, est extraordinairement élevée. Celle du noyau de l'or dépasse le chiffre de 600 milliards, ce qui revient à dire que tous les noyaux d'or qui tiendraient dans un cm^3 pèseraient plus de 600 mille tonnes [1].

La charge positive du noyau ne représente pas simplement le nombre des électrons positifs qu'il contient. Il n'y a pas de doute que des électrons négatifs entrent dans sa constitution ; ils sont nécessaires pour assurer sa stabilité. La charge apparente est déterminée par le nombre des électrons positifs en excès par rapport aux électrons négatifs. Il est cependant probable que le noyau atomique de l'hydrogène se réduit à un simple électron positif, dont la masse serait ainsi presque égale à celle de l'atome et 1830 fois plus grande que celle de l'électron négatif.

S'il n'est pas possible d'en donner une preuve évidente, c'est l'hypothèse la plus simple qu'on puisse faire et elle n'est contredite par aucun fait d'expérience.

Pour expliquer la masse relativement élevée de l'électron positif, il n'est nullement nécessaire de supposer que l'électri-

[1] Il n'est pas sans intérêt d'observer que bien avant que les faits exposés ci-dessus fussent connus, des considérations d'un tout autre ordre avaient déjà conduit à l'idée que toute la masse d'un atome est concentrée vers son centre. D'après la théorie cinétique des gaz et le principe d'équirépartition, la chaleur moléculaire d'un gaz monoatomique (argon, hélium, etc.) devrait, si on tient compte de l'énergie de translation et de rotation des molécules, être égale à $3R$ (où R représente la constante des gaz parfaits, voisine de 2 cal.). En réalité elle est deux fois plus faible, soit $\frac{3}{2}R$. On doit en conclure que les molécules monoatomiques n'ont pas d'énergie de rotation, c'est-à-dire que leurs chocs ne parviennent pas à les faire tourner sur elles-mêmes. La seule explication satisfaisante de ce fait curieux est fondée sur la théorie des quanta et suppose que toute la masse de l'atome se trouve condensée en son centre.

cité positive possède ici un support matériel. La théorie indique, en effet, que la masse électromagnétique d'une charge électrique uniformément répartie sur une sphère est inversement proportionnelle au rayon de celle-ci. Pour que la masse de l'électron positif soit 1830 fois plus grande que celle de l'électron négatif, il suffit donc que son rayon soit 1830 fois plus petit. Une détermination expérimentale de ce rayon est actuellement impossible, mais il est suggestif que certains phénomènes indiquent, ainsi que nous l'avons vu, que le noyau positif de l'hydrogène est effectivement plus petit que l'électron négatif.

L'électron positif se présente ainsi comme le plus petit corpuscule qui entre dans la constitution de la matière et en même temps celui qui forme la presque totalité de la masse des corps. Puisque sa masse est sensiblement égale à celle de l'atome d'hydrogène, le nombre des électrons positifs contenus dans un atome est représenté par la valeur arrondie du poids atomique[1].

Nous sommes ainsi ramenés sous une forme rajeunie à la vieille hypothèse de Prout, suivant laquelle tout atome est formé par une agglomération d'atomes d'hydrogène. Cette hypothèse, qui a été très discutée dans le cours du siècle passé, a toujours conservé des partisans, car si les poids atomiques ne sont pas des multiples exacts de celui de l'hydrogène, ils s'en écartent très peu en général, surtout dans le cas des atomes légers, et cela ne peut être un simple hasard. Il ne semble d'ailleurs pas impossible de rendre compte aujourd'hui de ces écarts qui pendant longtemps ont fait rejeter l'hypothèse de Prout[2].

[1] Le noyau de l'atome de sodium ($Na = 23$), contiendrait donc 23 électrons positifs, et puisque le nombre atomique de cet élément est 11, le noyau devrait contenir en outre, 12 électrons négatifs, qui réduisent la charge positive apparente à 11 unités. Les 11 électrons négatifs qui manquent dans le noyau circulent autour de ce noyau.

[2] Il n'y a d'abord aucune nécessité que le principe de la conservation de la masse s'applique rigoureusement aux transformations atomiques. La masse électromagnétique de plusieurs corpuscules d'électricité, serrés les uns contre les autres, dépend, d'après Lorentz et Nicholson, non seulement de leur nombre, mais aussi de la manière dont leurs champs se pénètrent

Le noyau atomique formé d'électrons des deux signes serrés les uns contre les autres doit être le siège de champs de force d'une extrême intensité et qui lui donnent une grande stabilité. Il ne faudrait pas en conclure qu'il est absolument rigide et que les corpuscules qui le composent sont tout à fait immobiles les uns par rapport aux autres. Ils sont sans doute animés de mouvements non ordonnés, comparables à l'agitation thermique des atomes qui constituent une molécule. Ce n'est qu'ainsi qu'on peut concevoir la spontanéité de la désintégration radioactive. Mais ces mouvements mettent en jeu des énergies énormes auprès desquelles celles qui se manifestent dans les réactions chimiques sont tout à fait négligeables, et c'est ce qui explique l'inefficacité de tous les moyens employés en vue de désagréger le noyau ou l'atome [1].

On ne sait à peu près rien de la constitution du noyau et cela se conçoit si on considère qu'à l'exception de la stabilité, les propriétés de l'atome en sont indépendantes. Tout ce qu'on peut

mutuellement. En outre, d'après la théorie de relativité, l'énergie possède une certaine masse et comme l'agglomération de plusieurs électrons en un noyau atomique est certainement liée à une très forte variation d'énergie, la loi de Lavoisier ne serait pas applicable à ce phénomène. Enfin, on sait que certains éléments sont constitués par un mélange d'isotopes. C'est le cas de l'uranium, formé d'uranium I et d'uranium II, et les expériences de Thomson et Aston justifient l'opinion que le néon atmosphérique est un mélange de deux isotopes, le néon proprement dit (Ne = 20) et le métanéon (22). Il n'est pas impossible qu'il s'agisse là d'un fait général qui permettrait d'expliquer même des poids atomiques qui diffèrent notamment d'un nombre entier, tels que ceux du chlore (35,46), du magnésium (24,32). Il faut observer toutefois que les déterminations du poids atomique du chlore effectuées sur des échantillons de provenance différente n'ont pas permis de constater des variations de poids atomique suivant l'origine de l'élément, et sont ainsi peu favorables à cette interprétation.

[1] Les tentatives de désagréger les éléments, en employant les agents les plus énergiques, ont été nombreuses. Plus d'une fois des savants ont cru avoir réalisé cette désintégration, mais ces observations n'ont jamais été confirmées. Tout récemment Rutherford. *Phil. Mag.*, IV, t. 37, p. 581 (1919), semble avoir constaté l'apparition de petites quantités d'hydrogène, quand l'azote gazeux est soumis à un bombardement par les rayons α du radium-C. Si le fait se confirme, on ne pourrait guère l'attribuer qu'à une désagrégation de l'atome d'azote, probablement formé par une agglomération de 3 atomes d'hélium et de 2 atomes d'hydrogène ($N = 14 = 3 \times 4 + 2$).

affirmer c'est que, selon toute vraisemblance, les électrons positifs sont, pour la plupart, réunis par groupes de quatre, particulièrement stables, et qui conservent dans l'ensemble une certaine individualité. C'est ce qu'on peut conclure du fait que dans la désintégration radioactive les fragments qui se détachent de l'atome ne sont jamais que des électrons isolés ou bien des particules α (He^{++})[1].

Les propriétés de l'atome, à l'exception de sa masse et de la radioactivité, dépendent directement des électrons qui circulent autour du noyau. Mais il est clair que non seulement le nombre de ces électrons, mais aussi leurs positions relatives, les diamètres de leurs orbites et leurs vitesses, sont déterminés par la charge du noyau et le champ de force qu'elle crée autour de lui. Il en résulte qu'en définitive c'est cette charge qui détermine toutes les propriétés de l'atome. Ainsi nous comprenons enfin le rôle fondamental du nombre atomique, qui exprime la valeur de cette charge, et le phénomène de l'isotopie s'explique.

Les noyaux de deux isotopes ne sont pas identiques ; ils ne renferment pas le même nombre d'électrons positifs ou négatifs et l'arrangement de ces électrons peut aussi différer. Ils n'ont donc pas la même masse, ni la même stabilité, mais dans l'un et dans l'autre la charge positive est la même et cela suffit pour entraîner l'identité de toutes les propriétés physiques ou chimiques de l'atome.

La théorie de Rutherford permet donc de concevoir deux faits d'une importance fondamentale, à savoir l'existence des isotopes et le rôle du nombre atomique. L'intérêt qu'elle mérite est donc d'un tout autre ordre que celui qui s'attache à l'explication de la diffusion des rayons α ou β dans leur passage à travers la matière. Mais s'il y a lieu de penser qu'elle nous donne une image adéquate de la structure atomique, elle ne constitue qu'une pre-

[1] On a fait observer aussi que les poids atomiques arrondis des éléments dont le nombre atomique est pair sont pour la plupart égaux à un multiple de 4, tandis que ceux dont le nombre atomique est impair sont souvent exprimés par la relation $4n + 3$, où n est un nombre entier. W.-D. Harkins a publié d'intéressantes considérations sur la stabilité et l'abondance relatives de ces deux séries d'éléments. (*J. Am. Chem. Soc.*, t. 39, p. 856).

mière étape vers une solution et nous laisse encore bien loin du but à atteindre, car elle soulève une grosse objection.

De même qu'une corde qui vibre envoie dans l'espace des ondes sonores, de même un électron qui tourne autour du noyau devrait, d'après les lois de l'électromagnétisme, émettre de l'énergie rayonnante (rayons lumineux, rayons X, etc.). Perdant ainsi son énergie, sa vitesse devrait se ralentir et il devrait finalement tomber sur le noyau en décrivant des cercles de plus en plus petits. L'atome imaginé par Rutherford ne peut donc subsister; il apparaît comme un système instable.

Un savant danois, Bohr[1], a cherché à éviter cette difficulté en complétant la théorie de Rutherford.

Depuis une vingtaine d'années les physiciens ont dû se persuader que les lois qui règlent les mouvements des corps ordinaires cessent de s'appliquer à des particules très petites, telles que celles qui entrent dans la constitution de l'atome. Tandis que la vitesse de révolution d'une sphère de 1 cm de diamètre, par exemple, peut varier d'une manière continue, il en est autrement d'un électron animé d'un mouvement circulaire ou d'oscillation. Son énergie ne peut changer que de façon discontinue, par sauts brusques, par *quanta*, chaque quantum étant une quantité d'énergie non pas constante mais proportionnelle à la fréquence du mouvement.

C'est là une hypothèse évidemment étrange, qui heurte quelque peu le bon sens et qui n'a pas été acceptée sans résistance. Il est toutefois difficile d'y échapper dans l'état actuel de nos connaissances. Imaginée (en 1900) par Planck pour expliquer les lois du rayonnement du corps noir, vis-à-vis desquelles la physique classique se montrait insuffisante, la notion des quanta a rapidement pénétré dans plusieurs domaines de la physique. C'est cette hypothèse qui a été mise par Bohr à la base de ses conceptions sur le mouvement des électrons extérieurs de l'atome et sur l'émission des lignes spectrales, et elle ne s'est pas montrée ici moins féconde que dans d'autres chapitres de la physique théorique.

[1] *Phil. Mag.*, t. 26, p. 1, 476, 857 (1913). Il est à remarquer que Nicholson a été un précurseur de Bohr. *Month. Not. Roy. Astr. Soc.*, t. 22, p. 49, 139, 677, 693, 729 (1912).

Considérons d'abord l'atome le plus simple, celui d'hydrogène, où un seul électron gravite autour du noyau.

. D'après Bohr, cet électron ne peut suivre que certaines orbites circulaires de rayons exactement déterminés et que nous désignerons par leurs numéros d'ordre. En parcourant un de ces cercles d'un mouvement uniforme, l'électron, contrairement à ce qu'enseigne la physique classique, n'émet pas d'énergie rayonnante et constamment il y a égalité entre la force attractive du noyau et la force centrifuge. Mais l'électron ne peut être en équilibre en dehors de ces anneaux. Si sous l'action d'une force étrangère il sort de son orbite, c'est pour passer immédiatement sur un autre cercle de stabilité. Quand, dans ce saut, l'électron se rapproche du noyau, il perd de l'énergie, qui est émise sous forme d'ondes électromagnétiques. Cette émission est toujours égale à un quantum d'énergie, dont la valeur, qui ne dépend que des rayons des orbites de départ et d'arrivée, détermine la fréquence des rayons émis[1].

Tels sont les postulats essentiels sur lesquels Bohr, fonde sa théorie. On ne saurait dissimuler qu'ils ne sont pas tous faciles à accepter, même pour l'esprit le moins suspect de conserva-

[1] Si on représente par w_2 et w_1 l'énergie que possède l'électron sur le cercle de départ et sur le cercle d'arrivée, la fréquence ν des rayons émis est donnée par la relation

$$w_2 - w_1 = h\nu$$

où h est la constante de Planck et $h\nu$ un quantum d'énergie.

Bohr suppose que si un électron se trouve sans vitesse appréciable à une grande distance du noyau et que, sous l'influence de la force attractive de ce dernier, il tombe sur le cercle de numéro d'ordre τ, la quantité d'énergie émise $h\nu$ est égale à :

$$w = h\nu = \tau h \frac{\omega}{2}$$

où ω représente la fréquence du mouvement de l'électron sur le cercle τ.

En appliquant ensuite les lois de l'électrodynamique classique, on trouve que l'énergie émise w et le diamètre $2a$ du cercle τ sont donnés par :

$$w = \frac{2\pi^2 me^2 \mathrm{E}^2}{\tau^2 . h^2} \quad \text{et} \quad 2a = \frac{\tau^2 . h^2}{2\pi^2 me\mathrm{E}}$$

où e et E représentent respectivement la charge de l'électron et celle du noyau, et m la masse de l'électron.

tisme. Mais ce qui fait l'intérêt de ces conceptions, c'est qu'elles permettent de rendre compte, avec une remarquable précision, des séries de lignes qui constituent les spectres lumineux de certains éléments.

Le spectre de l'hydrogène comprend une série de lignes (on en connaît 29) dont les fréquences peuvent être calculées en remplaçant dans la formule empirique

$$\nu = 3{,}29 \,.\, 10^{15} \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{m^2}\right) ,$$

trouvée par Balmer, la variable m par la série des nombres entiers 3, 4, 5... 31 [1]. Or, la théorie de Bohr conduit à la formule de Balmer; elle rend donc compte de toutes les lignes de cette série qui correspondent aux rayons émis quand l'électron passe sur le cercle *2*, à partir des cercles *3, 4, 5,* etc.

Deux autres séries de lignes moins importantes ont été observées dans le spectre de l'hydrogène; l'une est située dans l'ultraviolet (Lyman), l'autre dans l'infrarouge (Paschen). La théorie de Bohr laisse également prévoir toutes ces lignes avec une précision qui ne laisse rien à désirer. Les premières sont émises lorsque l'électron tombe sur le cercle *1*, les dernières quand il tombe sur le cercle *3* [2].

[1] La constante $3{,}29 \,.\, 10^{15}$ qu'on représente généralement par la lettre ν_0 est appelée *constante de Rydberg*.

[2] Dans le cas de l'hydrogène, E est égal à e et l'expression w de la note 1, p. 490, devient :

$$w = \frac{2\pi^2 me^4}{h^2 \,.\, \tau^2} ;$$

On en déduit :

$$w_2 - w_1 = h\nu = \frac{2\pi me^4}{h^2} \left(\frac{1}{\tau_2^2} - \frac{1}{\tau_1^2}\right)$$

d'où

$$\nu = \frac{2\pi me^4}{h^3} \left(\frac{1}{\tau_2^2} - \frac{1}{\tau_1^2}\right) .$$

Si on admet :

$$e = 4{,}7 \,.\, 10^{-10} , \quad \frac{e}{m} = 5{,}31 \,.\, 10^{17} \quad \text{et} \quad h = 6{,}5 \,.\, 10^{-27} ,$$

on trouve que la fraction placée devant la parenthèse est égale à $3{,}1 \,.\, 10^{15}$.

Avec l'atome d'hélium qui possède deux électrons extérieurs, le problème devient beaucoup plus difficile, mais si on considère l'ion hélium (He^+), formé d'un noyau avec deux charges positives autour duquel circule un seul électron, le calcul peut se faire comme dans le cas de l'hydrogène, et ici également la théorie a obtenu un brillant succès. Elle permet de calculer plusieurs séries de lignes qui ont été réellement observées dans le spectre de l'hélium. Elle a même conduit à corriger une erreur qui consistait à attribuer à l'hydrogène certaines raies spectrales appartenant en réalité à l'hélium, ainsi que des recherches subséquentes l'ont prouvé[1].

Elle concorde donc à quelque pour cent près, avec la constante de Rydberg. L'écart peut s'expliquer par l'inexactitude des constantes qui entrent dans le calcul.

Pour obtenir la formule de Balmer, il suffit donc de remplacer dans la formule précédente τ_2 par *2*. Cela signifie que les lignes de cette série sont émises quand l'électron passe sur le cercle *2* à partir des cercles *3*, *4*, *5*, etc.

La valeur $\tau_2 = 3$ donne la série de lignes dans l'infrarouge, observée par Paschen, tandis que $\tau_2 = 1$ donne la série observée dans l'ultraviolet par Lyman.

Si on calcule au moyen de la formule de la note 1, page 490, les rayons des cercles de stabilité, on trouve :

$$a_1 = 0{,}556 \,.\, 10^{-8} \text{ cm} \qquad a_4 = 8{,}896 \,.\, 10^{-8} \text{ cm}$$
$$a_2 = 2{,}224 \,.\, 10^{-8} \qquad a_5 = 13{,}90 \,.\, 10^{-8}$$
$$a_3 = 5{,}000 \,.\, 10^{-8} \qquad a_{15} = 125 \,.\, 10^{-8}$$

On remarquera que ces valeurs sont du même ordre de grandeur que les dimensions atomiques qui se déduisent de la théorie cinétique des gaz. Si on considère qu'à la température ordinaire et sous pression normale la distance moyenne des molécules d'un gaz est de $16 \,.\, 10^{-8}$ cm environ, on comprend que sous pression normale, les premières lignes de la série de Balmer apparaissent seules et que pour obtenir celles de l'ultraviolet, qui correspondent à des valeurs élevées de τ_1, il faut opérer sous pression très réduite.

[1] Dans le cas de l'ion hélium (He^+) la charge du noyau est égale à $2e$, et la fréquence des rayons émis est donnée par la formule :

$$\nu = \frac{8\pi^2 me^4}{h^3}\left(\frac{1}{\tau_2^2} - \frac{1}{\tau_1^2}\right) = \frac{2\pi^2 me^4}{h^3}\left(\frac{1}{\left(\frac{\tau_2}{2}\right)^2} - \frac{1}{\left(\frac{\tau_1}{2}\right)^2}\right)$$

On voit que le facteur placé devant la parenthèse du dernier membre est égal à la constante de Rydberg, comme dans le cas de l'hydrogène.

Le spectre de l'hélium renferme 4 séries de lignes qui correspondent à

On est allé plus loin encore. La plupart des lignes spectrales de l'hydrogène ou de l'hélium ne sont pas simples. On peut, si on dispose d'instruments suffisamment puissants, les séparer en plusieurs composantes. Or, Sommerfeld [1] a apporté à la théorie de Bohr des perfectionnements heureux qui permettent une interprétation très satisfaisante de ce phénomène. Sommerfeld admet tout d'abord que les orbites des électrons ne sont pas seulement des cercles, mais aussi des ellipses. L'énergie d'un l'électron ne dépendant que de la longueur du grand axe de son orbite, il en résulte que dans le passage d'un électron d'une orbite de grand axe donné à une autre orbite de grand axe également donné, la ligne spectrale émise, déterminée uniquement par la variation d'énergie, est la même, quelles que soient les excentricités des ellipses de départ ou d'arrivée. La même ligne spectrale est donc émise de plusieurs manières différentes.

Cela n'est toutefois absolument exact que si on suppose constante la masse de l'électron. Mais on sait qu'en réalité cette masse dépend de la vitesse. Or, si on tient compte des variations de la masse de l'électron qui résultent de ce que dans son mouvement elliptique sa vitesse change constamment, on arrive à ce résultat que les lignes spectrales correspondant aux orbites d'excentricités différentes ne coïncident pas exactement. La théorie de Sommerfeld permet donc de concevoir la complexité des lignes spectrales et la comparaison des résultats du calcul avec ceux de l'observation montre, tout spécialement pour l'hélium, une remarquable concordance. La théorie devance

des valeurs de τ_2 respectivement égales à 1, 2, 3 et 4. Les séries correspondant à $\tau_2 = 1$ ou $\tau_2 = 2$ sont situées dans l'ultraviolet. Pour $\tau_2 = 4$, on a une série qu'on peut décomposer en deux séries partielles. La première qui s'obtient en remplaçant τ_1 par les nombres pairs coïncide avec la série de Balmer du spectre de l'hydrogène. Quant à la deuxième qui correspond à des valeurs impaires de τ_1, elle a été découverte par Pickering dans le spectre de l'étoile ζ-Poupe, mais elle a été d'abord attribuée à l'hydrogène. Il est démontré aujourd'hui qu'elle appartient bien à l'hélium comme la théorie de Bohr le fait prévoir. Un fait analogue s'est présenté avec la série obtenue en remplaçant τ_2 par 2 et τ_1 par la série des nombres entiers. Attribuée d'abord à l'hydrogène, il est actuellement prouvé qu'elle est due à l'hélium (Fowler).

[1] *Ann. d. Physik.*, t. 51, p. 125 (1916).

même ici l'observation, car les composantes qu'elle fait prévoir sont souvent si rapprochées qu'il n'y a pas de spectrographe assez puissant pour les séparer.

Si on passe aux autres éléments, les difficultés de calcul deviennent très grandes. Les électrons répartis sur plusieurs orbites s'influencent les uns les autres et forment des systèmes compliqués dont on n'est pas encore parvenu à préciser l'ordonnance. Il y a des raisons de penser qu'à mesure que le nombre des électrons extérieurs augmente, ils constituent de nouveaux anneaux, tandis que les premiers formés subsistent sans changement quant au nombre des électrons qui les occupent. On peut concevoir qu'une apparition périodique de nouveaux anneaux d'électrons corresponde à un changement périodique des propriétés qui dépendent de la surface de l'atome. Si une propriété est fonction non périodique du nombre atomique, il est à présumer qu'elle ne fait intervenir que les électrons les plus voisins du noyau. Tel est le cas du spectre de haute fréquence.

La théorie de Bohr nous donne d'ailleurs au sujet de ce spectre plus que cette indication qualitative. Elle permet de rendre compte de la loi de Moseley. Le calcul indique que les lignes α de la série K résultent du passage d'un électron de l'anneau *2* à l'anneau *1*, tandis que les rayons α de la série L, sont émis quand il saute du cercle *3* au cercle *2* [1].

Tous ces résultats sont pleins de promesses ; ils autorisent à penser que la théorie de Bohr, quels que soient les changements que l'avenir y apportera, correspond à des réalités et que les recherches sont orientées dans une bonne direction. Mais si les caractères généraux de la structure atomique peuvent être considérés comme connus, les détails, ainsi

[1] D'après Moseley. (*Phil. Mag.*, XXVI, p. 1024 (1913)), un électron en passant d'un cercle voisin du noyau et de numéro τ_1 à un autre τ_2, émet des rayons dont la fréquence est donnée par la relation :

$$\nu = \left(\frac{1}{\tau_2^2} - \frac{1}{\tau_1^2}\right) \nu_0 (N - b)^2$$

où b est une constante que la théorie laisse indéterminée. On voit aisément que pour obtenir les formules empiriques qui donnent les fréquences des lignes α des séries K ou L (note 2, page 481), il suffit de remplacer τ_2 et τ_1 par 1 et 2 ou bien par 2 et 3.

que nous l'avons dit, nous échappent encore dans la plupart des cas, et malgré plusieurs tentatives, il n'a pas encore été possible d'établir un rapport précis entre la plupart des propriétés caractéristiques d'un élément, — point de fusion, densité, caractère chimique, etc., — et sa constitution atomique.

Mais si l'on n'est pas parvenu à représenter chaque atome par un modèle qui traduise toutes les particularités de sa structure et qui rende compte de toutes ses propriétés, la voie est ouverte qui tôt ou tard, on peut l'espérer, conduira à ce but et permettra de ramener toutes les modalités de la matière à de simples différences dans l'arrangement et dans les mouvements des particules ultimes des deux éléments primordiaux : l'électricité positive et l'électricité négative.

ESSAI

SUR LES

NOTIONS D'« ÉLÉMENT » ET DE « TERRITOIRE » PHYTOGÉOGRAPHIQUES

PAR

Josias BRAUN-BLANQUET

Parmi les termes litigieux du vocabulaire scientifique, « élément » et « territoire phytogéographiques » méritent une attention toute spéciale[1]. En dépit de leur importance et malgré leur emploi fréquent et déjà ancien, la clarté et la précision des deux notions laissent beaucoup à désirer. Tous ceux qui se sont occupé de recherches sur le passé et sur les migrations des flores, ont pu s'en rendre compte. Aussi croyons-nous utile d'exposer en peu de lignes les réflexions qui nous ont été suggérées par une étude détaillée sur les origines de la population végétale du Plateau Central de France. Nous serions pleinement satisfait si nos remarques aidaient à préciser le sens de ces notions et à fixer leur signification exacte.

Chaque espèce et chaque groupement de plantes a son histoire particulière. Développés dans des conditions spéciales, ils ont dû lutter pour leur conservation et pour leur extension. Le passé de toutes les unités systématiques (sippes) et phytosociologiques (groupements de plantes) d'une contrée représente ce que nous appelons l'histoire de la flore et de la végétation.

Pour reconstituer quelques pages de cette histoire captivante

[1] Les notions dont nous aurons à parler intéressent à la fois botanistes et zoologistes ; une entente générale sur les termes principaux serait beaucoup à désirer.

on ne peut pourtant pas s'adresser à chaque unité prise individuellement, — travail ingrat, sinon impossible. Il faut se contenter d'étudier de près certaines unités, puis circonscrire des collectivités comparables en quelque sorte aux collectivités dont s'occupe l'histoire de l'humanité et les suivre dans leur évolution.

Depuis Christ[1] on appelle *éléments* ces collectivités, bases de l'étude phytohistorique. Au phytogéographe de les distinguer et de les circonscrire nettement.

Les difficultés commencent avec la terminologie, très confuse.

Le sens primitif du terme élément était purement géographique[2]. Dès 1867 M. Christ s'en était servi pour exprimer, dans sa carte des éléments de la flore alpine d'Europe, l'aire topographique de certains ensembles spécifiques. Il y distingue :

1. la flore (élément) des montagnes boréales,
2. » » plaines »
3. » » » nord-américaines,
4. » du système alpin,
5. » méditerranéenne.

En 1882 M. Engler[3], reprenant le même terme, l'appliqua en premier lieu à des groupes historico-géographiques, présumés de même souche (élément arcto-tertiaire, élément tertiaire-boréal, etc.). Mais il parle en même temps d'un élément « rudéral » (*l. c.*, p. 331). La précision de la notion d'élément ainsi gravement atteinte ne tarda pas à s'effacer complètement, malgré l'effort méritoire de Mlle Marie Jerosch[4], qui, la première, sépara clairement les groupes géographique, génétique et historique de la flore.

En 1911 M. Rikli[5] ne mentionne pas moins de 6 sortes d'élé-

[1] Christ, H. Über die Verbreitung der Pflanzen d. alpinen Region d. europ. Alpenkette. *Neue Denkschr. d. Schweiz. Nat. Ges.*, XXII, 1867.

[2] Voir aussi M. Diels. Genetische Elemente in der Flora der Alpen. *Engl. Bot. Jahrb.* Band 44, Beiblatt nº 102, p. 8.

[3] Engler, A. Versuch einer Entwicklungsgeschichte d. Pflanzenwelt, II Teil, 1882.

[4] Jerosch, Marie-Ch. Geschichte und Herkunft der Schweizerischen Alpenflora, 1903.

[5] Rikli, M. Richtlinien der Pflanzengeographie in Abderhalden, *Fortschritte der naturwissenschaftlichen Forschung*, 3, 1911.

ments (sans parler des « éléments absolus et relatifs », à savoir : éléments géographique, génétique, historique ; élément d'immigration ; élément de formation (groupements de plantes) et élément biologique [1]. Une intéressante application de cette méthode a été tentée par M. Scharfetter [2]. Malheureusement, plusieurs de ces éléments concordent en partie. L'expression d'élément, évidemment commode parce que très malléable, a pu servir de paravent à une foule de notions géobotaniques des plus hétérogènes.

L'utilité didactique de cette extension est donc au moins discutable. Les exemples similaires d'extension abusive ne sont pas rares en géobotanique ; rappelons seulement les termes de « landes » (Heide), de « formation », etc. Il semble dès lors urgent de restituer au terme « élément » son sens primitif, purement géographique, qu'il a d'ailleurs toujours conservé dans les pays de langue latine [3]. En planktologie on ne connaît également que des éléments géographiques [4].

Quelques-unes des notions comprises jusqu'ici sous le même nom méritent, à notre avis, des dénominations spéciales.

Ainsi, pour désigner l'*élément génétique* on pourra utiliser le terme *souche*, s'appliquant aux espèces et aux collectivités de même origine ancestrale. On parlera des espèces de souche méditerranéenne (Arten von mediterranem Stamm), etc.

On pourrait appeler *essaim migrateur* ou simplement *migration* les espèces ou collectivités ayant effectué leurs migrations ensemble ou à la même époque (historisches Element p. p. de Mlle M. Jerosch ; Einwanderungselement de M. Rikli). On parlerait alors d'un « essaim migrateur oriental », d'une « migration glaciaire » embrassant les « espèces glaciaires » de M. En-

[1] M. HÄYRÉN, dans la traduction allemande d'une conférence sur les limites phytogéographiques (Terra, Geograf. fören. tidskr., 25, 1913), parle même d'éléments « systématiques ». S'agit-il simplement d'une erreur de traduction ? Le texte suédois dit « enheterna » = unités.

[2] SCHARFETTER, R. Die Gattung *Saponaria* Subgenus *Saponariella* Simmler, *Oesterr. bot. Zeitschr.*, nos 1-4, 1912.

[3] M. BÉGUINOT, à l'occasion de l'étude des territoires littoraux circum-adriatiques (1916), parle aussi d'éléments génétiques de la flore.

[4] V. p. ex. GRAN, H.-H. Das Plankton des Norwegischen Nordmeeres, *Rep. Norw. Fish. and Marine Investigations*, II, 2, 1902 ; PAVILLARD, J. Recherches sur la flore pélagique de l'étang de Thau, Montpellier, 1905, etc.

gler. Le terme migration a déjà été employé dans un sens analogue par d'autres auteurs, notamment par M. Depéret[1] qui parle d'une migration de la faune chaude à affinités subtropicales dans la Méditerranée pendant le Thyrrhénien. En allemand le terme Wandergenossenschaft, proposé aussi, indépendamment de nous, par M. Vierhapper[2], paraît parfaitement rendre le sens de la notion. Genossenschaft a d'ailleurs été employé dans un sens très semblable par divers auteurs (MM. Beck, Drude, Gradmann et autres).

Dans le langage courant « élément » est employé aussi dans le sens d'espèce; on dit par exemple: l'ajonc est un élément atlantique, au lieu de dire tout simplement: l'ajonc est une espèce atlantique, ce qui est plus clair et plus juste.

Il est indispensable de consacrer encore quelques remarques à la notion élément dans son sens primitif, géographique, auquel nous voudrions la ramener. Etudiant un territoire restreint on peut parfois être conduit à désigner sous le nom d'élément un groupe d'espèces provenant d'une même contrée ou simplement de la même direction (élément méridional, élément boréal, élément thermophile[3]; ou élément provençal, rhodanien, alpin, atlantique, etc.). Ceci présente le grave inconvénient de rendre impossible la subordination et la comparaison directe de ces groupes hétérogènes. Mieux vaut placer au premier plan la nature même de l'élément, lui assigner sa valeur territoriale étendue et étudier ensuite la répartition réelle de chaque élément. De cette façon seulement on peut espérer rendre possible une synthèse générale.

Nous arrivons donc à la définition suivante: *l'élément phytogéographique est l'expression floristique et phytosociologique d'un territoire étendu défini ; il englobe les espèces et les collectivités phytogéographiques caractéristiques d'une région ou d'un domaine déterminés.*

[1] Depéret, Ch. Essai de coordination chronologique des temps quaternaires, *C. R. Acad. Sc. de Paris.*, CLXVI, 1er sem., p. 484, 1918.

[2] Vierhapper, F. Zur Kritik und Klärung einiger pflanzengeogr. Begriffe und Bezeichnungen. *Verhandl. zoolog.-bot. Ges.*, Vienne, p. 201, 1918.

[3] V. Skottsberg, C. A botanical Survey of the Falkland Islands, *Botan. Ergebnisse d. Schwed. Exped. nach Patagonien, etc. Kungl. Svenska Vetensk. Handl.*, t. 50, no 3, 1913.

Cette conception repose entièrement sur la notion des territoires phytogéographiques, au sujet desquels nous devons nous expliquer.

Il existe autant d'éléments que de domaines phytogéographiques bien circonscrits; comment les discerner et comment les délimiter? Voilà une question ardemment discutée et qui n'a pas encore trouvé de solution définitive.

Après les premières tentatives de Willdenow (1797), Treviranus (1803), Humboldt (1805, 1807), ce furent surtout A. P. de Candolle[1] et le Danois Schouw[2] qui abordèrent la tâche difficile d'établir des « territoires botaniques naturels ». Pour cela ils se fondaient uniquement sur des considérations d'ordre systématique, c'est-à-dire sur la répartition des espèces, genres, familles, etc. C'est encore le cas chez Alphonse de Candolle, dans sa Monographie des Campanulacées (1830), où il définit la région de la façon suivante : « On peut désigner comme *région botanique* un espace de pays borné, autant que possible, par des limites naturelles, et telles que les espèces qui lui sont propres forment au moins la moitié de toutes celles qu'on y trouve » (*l. c.,* p. 70).

Sur une base différente, climatico-géographique, reposent les empires floristiques (Imperia Floræ) de Martius[3] et aussi les divisions de Grisebach[4], de Hinds[5] et d'autres. Pour la délimitation de ses Imperia Floræ, dont il connaît 51, Martius se sert à la fois des genres et espèces endémiques, des conditions climatiques et édaphiques et de la configuration du pays. Il arrive ainsi à la définition des empires floristiques exprimée dans ses « Discours sur les empires floristiques » et résumée dans la phrase suivante : « Die grossen, durch physikalische und geographische Bedingungen gebildeten Gesellschaften der Gewächse — das

[1] de Candolle, A.-P. Géographie botanique, *Dictionnaire d. Sciences naturelles,* t. XVIII, p. 411, 1820.

[2] Schouw, J.-F. Grundzüge einer allgemeinen Pflanzengeographie, traduit du danois, Berlin, 1823.

[3] de Martius, C.-F.-Ph. Über die geographische Verbreitung der Palmen mit besonderer Berücksichtigung der Hauptflorenreiche, *Münchener Gelehrt. Anzeiger,* nº 78 et suiv., 1838 ; Vorträge über die Florenreiche, *Jahresber. bayer. Gartenbau Ges.*, Munich, 1865.

[4] Grisebach, A. Die Vegetationsgebiete der Erde, *Petermann's Mitteil.*, 1866 ; Die Vegetation der Erde nach ihrer klimat. Anordnung. Leipzig, 1872.

[5] Hinds, Mr. Dans *Hooker's London Journ.*, p. 312, 1842.

sind die Florenreiche. » Grisebach, qui partage cette manière de voir, insiste tout particulièrement sur la valeur de l'ensemble de la végétation pour la délimitation des territoires géobotaniques naturels.

La Géographie botanique raisonnée d'A. de Candolle est un nouveau pas en avant. De Candolle est le premier à démontrer l'arbitraire des différents systèmes. Sa critique éclairée s'applique à toutes les divisions antérieures des territoires botaniques. Il en montre les lacunes et les faiblesses, les qualifie d'artificielles et fait observer enfin que ces classifications ont nui à la science comme chaque fois qu'une classification artificielle est considérée comme naturelle (II, p. 1305). Mais au lieu de proposer une nouvelle méthode, le maître constate prudemment que l'état de la science est loin de permettre une classification des territoires phytogéographiques selon des principes naturels. Toutefois, pour rendre compte de la complexité des faits en géobotanique, il recommande déjà de subdiviser les territoires naturels, de distinguer des sous-régions, des provinces, des districts, « jusqu'aux localités qui sont ici le terme extrême » (II, p. 1309).

La critique d'A. de Candolle a porté ses fruits. Ses successeurs se sont efforcés d'établir une subdivision rationnelle des territoires phytogéographiques (MM. Engler, Drude, Flahault, etc.).

Après avoir donné en 1884 un aperçu très documenté des empires floristiques[1], M. Drude, dans son Manuel de Géographie botanique (1890), sépare nettement trois catégories d'unités territoriales botaniques: les *régions florales,* correspondant aux régions botaniques de Schouw, de de Candolle et autres; les *zones de végétation*, « parties de la terre qui portent des différences de végétation essentielles » (Schouw 1823), définies et circonscrites par Grisebach (*l. c.*); et enfin les *régions de végétation,* fondées à la fois sur les zones de végétation et sur les régions florales et considérées comme unités naturelles: car *le caractère d'une contrée dépend aussi bien de la flore que de la végétation* (Drude, 1890, p. 329). Mais sans s'expliquer sur la méthode à suivre dans la distinction des régions de végétation, M. Drude se borne à énumérer (p. 393 et suiv.) un certain nombre de ces

[1] DRUDE, O. Die Florenreiche der Erde, *Petermann's Mitteil.*, 1884.

régions, d'ailleurs peu comparables. Il s'agit, en effet, aussi bien d'étages altitudinaux, que de territoires étendus, délimités horizontalement.

Après avoir mentionné les principaux auteurs qui se sont occupé des territoires phytogéographiques, cherchons à nous faire une opinion indépendante des idées émises.

Tout territoire phytogéographique naturel, relié intimement au passé par son héritage floristico-systématique, est en même temps le reflet des conditions climatiques actuelles. Une subdivision fondée exclusivement sur les unités systématiques, espèces, genres, familles, etc., négligera nécessairement ce dernier caractère, très important; elle conduit tout au plus à établir des territoires floristiques (Florengebiete). Au contraire, si l'on se fonde uniquement sur les manifestations de la végétation, sa physionomie, ses adaptations écologiques (formes biologiques) on aboutit à une division purement climatique; l'empreinte du passé s'efface complètement sous la prédominance absolue du régime actuel. Les biochores de M. Köppen[1] et de M. Vahl[2], les « life zones » de M. Merriam[3] et les territoires de végétation de plusieurs auteurs en sont autant d'exemples.

Il nous semble pourtant, avec M. Drude, que l'on peut demander mieux. En tirant parti à la fois de la végétation et de la composition floristique on devrait arriver à la délimitation de territoires qui feraient ressortir dans le cadre local actuel, foncièrement climatique, l'action continue du passé, tantôt créatrice, tantôt perturbatrice et destructive.

Au point de vue purement pratique une telle combinaison s'impose également. La délimitation naturelle des grandes circonscriptions phytogéographiques serait impossible si on n'avait pas recours à l'ensemble de la végétation, tandis que la distinction rationnelle des subdivisions ultimes (districts, sous-

[1] Köppen, W. Klassifikation der Klimate, *Hettners Geogr. Zeitschrift*, VI, 1900.

[2] Vahl, M. Zones et Biochores géographiques, *Acad. r. Sc. et Lettres de Danemark*, n° 4, p. 289, 1911 ; M. Raunkiær emploie le terme de « biochores » pour les courbes qui réunissent les points représentant une proportion égale de formes biologiques définies.

[3] Merriam, C.-H. Life zones and crop zones of the United States, *U. S. Dep. of Agric.* Bull. n° 10, 1898.

districts) rencontrerait de grands obstacles si elle ne pouvait s'appuyer sur les unités de la systématique. Ainsi M. Briquet[1] se voit obligé de séparer le Mont du Chat du district jurassique, uniquement à cause de la présence de l'*Hypericum nummularium* et de plusieurs espèces alpines, et de le rattacher, pour les mêmes raisons floristiques, au district des Alpes savoisiennes. M. Magnin[2] distingue dans le Beaujolais et le Mont-d'Or des sous-districts d'après la présence ou l'absence de certaines espèces plus ou moins rares. Ce sont souvent des raisons de même ordre qui permettront de déterminer les limites exactes de territoires restreints.

Résumons brièvement les caractères principaux auxquels on a eu ou auxquels on peut avoir recours pour individualiser, délimiter et subordonner des territoires géobotaniques naturels.

A. Caractères tirés de la végétation.	B. Caractères tirés des unités systématiques.
1. Spécialisation absolue de groupements de plantes (floristiques et écologiques au sens large y compris les aspects saisonniers) ; leur degré d'organisation (Organisationshöhe).	Spécialisation de « sippes » (proto-endémiques), leur nombre absolu et relatif, leur degré d'évolution (valeur systématique, âge).
2. Spécialisation relative c'est-à-dire seulement par rapport aux territoires voisins (par exemple étages altitudinaux dans les montagnes, etc.).	Endémiques relatifs c'est-à-dire par rapport aux territoires voisins et endémiques rayonnants (pseudo-endémiques) moins strictement localisés.
3. Présence de groupements rayonnants et de fragments de groupements étrangers en voie d'extension ou de disparition (colonies de survivants d'éléments étrangers).	Espèces (sippes) disjointes, échappées et pénétrantes non comprises sous 2°.
4. Prépondérance territoriale et numérique de certains groupements, aspects ou groupes écologiques.	Prépondérance de certaines sippes ou groupes systématiques.

En englobant les animaux on devrait arriver ainsi à la connaissance des territoires naturels de vie (natürl. Lebensgebiete).

[1] Briquet, John. Recherches sur la Flore du distr. jurassique franco-suisse, *Englers Jahrb.*, XIII, 1890.

[2] Magnin, Ant. La végétation de la région lyonnaise, Lyon, p. 122, 1886.

Quelques considérations générales faciliteront peut-être l'application de ces idées directrices.

Si la population végétale d'un territoire et sa physionomie (l'expression écologique) sont à la fois la résultante des temps et des conditions actuelles, il est évident que l'influence des causes antérieures à dû être prépondérante en raison de la durée illimitée de leur action. Les conditions actuelles interviennent simplement comme agents destructeurs ou pour façonner l'héritage du passé. Ces raisons très légitimes ont dû guider M. A. Engler *(l. c.)* M. Diels[1], M. Rikli[2] et d'autres savants, qui ont fondé leurs grandes divisions botaniques du globe (Florenreiche) avant tout sur des considérations paléobotaniques (paläotropisches, altozeanisches, arctotertiäres Florenreich). Il nous est impossible de les suivre pour la simple raison qu'une division pareille peut uniquement s'appliquer à des termes généraux et trop compréhensifs.

Il n'en est pas moins vrai qu'on doit attribuer une valeur spéciale et même prépondérante aux caractères faisant ressortir l'influence capitale de l'action des temps. Le plus important parmi ces caractères nous est fourni par le mode et le degré de la spécialisation.

1. La *spécialisation* plus ou moins accusée des organismes et groupements d'organismes est l'expression la plus parfaite de l'individualité d'un territoire; elle résulte de l'évolution ininterrompue de sa population, de l'isolement physiographique et climatique plus ou moins absolu et de la durée de cet isolement. Nous avons là un moyen précieux pour évaluer l'âge relatif de certains faits et événements biogéographiques.

L'interprétation exacte du caractère de la spécialisation permettra donc une première subordination des territoires phytogéographiques.

Il y a lieu de tenir compte non seulement de la qualité de cette spécialisation, exprimée par la valeur hiérarchique des groupements végétaux et des sippes systématiques (familles, genres, espèces, etc.), ainsi que de leur âge relatif: pétrifiés, paléo-

[1] Diels, L. Pflanzengeographie, *Samml. Göschen*, 1908.

[2] Rikli, M. Floristische Pflanzengeographie, *Handwörterbuch d. Naturwissenschaften*, IV, p. 788, 1913.

gènes, néogènes, etc., mais encore de l'importance, des proportions numériques et de la différenciation écologique des sippes et des groupements végétaux.

La mise en œuvre de tout cet appareil compliqué pourra paraître prématurée. Pour les sippes de la systématique, cependant, le travail patient, continu pendant des siècles, est certainement assez avancé; de ce côté on ne rencontrera pas de difficultés sérieuses. Dans le domaine de la sociologie, c'est-à-dire à l'égard des groupements de plantes, évidemment il reste encore beaucoup à faire.

Faute de documents essentiels, nos classifications des territoires phytogéographiques doivent donc être considérées pour le moment comme provisoires. Mais que cela ne décourage pas. Le temps interviendra, corrigeant les défauts inévitables. Mieux vaut s'attaquer aux problèmes de principe toujours ardus que suivre le chemin commode des opinions toutes faites.

La taxonomie appliquée permet d'évaluer le degré de la spécialisation des sippes systématiques; une gradation pareille n'existe pas encore pour les groupements de plantes. Elle n'est pourtant pas moins nécessaire et elle s'impose d'après les lois générales des disciplines biologiques. Le criterium principal de cette subordination hiérarchique sera fourni par l'organisation progressive des groupements. Personne à notre connaissance ne s'est encore occupé de ce problème délicat; nous nous permettrons seulement d'émettre à ce sujet quelques brèves réflexions.

Parmi les caractères qui paraissent le mieux servir à apprécier la valeur hiérarchique des groupements il conviendrait de mentionner leur différenciation et leur complexité au point de vue de la constitution spécifique et écologique, ensuite leur cohérence plus ou moins forte, leur stabilité, leur durée et enfin leur capacité d'expansion.

La dépendance étroite et parfois réciproque des constituants d'un groupement d'organisation supérieure n'existe pas ou existe à un degré bien moindre chez les groupements inférieurs : groupements flottants, groupements de certaines Algues et de Lichens crustacés, etc.; elle est masquée chez certains groupements de végétaux phanérogames; mais nous savons qu'il y a des rapports étroits entre les différents consti-

tuants d'une prairie, par exemple, ou d'une lande à bruyères (importance de la flore subterrestre!) et surtout d'une forêt continue. La progression et la diversité des manifestations écologiques d'une part, la solidarité et la cohérence des cohabitants d'autre part, vont souvent de pair. Représentons-nous un groupement dominé par des arbres, une forêt de hêtres, une forêt de pins sylvestres, une forêt de chênes verts. Chacun de ces ensembles réunit dans une même localité non seulement une foule d'espèces aux manifestations écologiques très variées, mais encore des groupements végétaux dépendants, ou des fragments de groupements divers, depuis les landes à *Calluna*, à *Vaccinium Myrtillus*, les tapis de mousses, etc., jusqu'à la population très spéciale des troncs pourris et jusqu'aux bactéries du sol. Cet ensemble, relié par des corrélations plus ou moins étroites, sous la dépendance de l'arbre créateur, ou par des exigences écologiques similaires, constitue pourtant un tout indivisible.

Mais, comme l'a souligné M. Pavillard [1], chaque individu poursuit uniquement son propre intérêt; il n'existe pas, ce « fonctionnement d'un concours harmonique de tendances diverses vers un but commun de bénéfice collectif, comme dans toute société fondée sur le principe de la division du travail. »

On n'en est pas moins amené à considérer un tel groupement forestier comme supérieur à d'autres unités sociologiques plus simples. Sa complexité contraste singulièrement avec l'uniformité d'un groupement prairial-steppique ou d'un groupement de Lichens et de Mousses tels que ceux décrits par M. Häyrén sur les côtes rocheuses de la Finlande [2]. La capacité d'accommodation et d'expansion des groupements paraît s'accroître en sens inverse de la complexité de l'organisation. Un groupement spécial d'organisation très compliquée ne pourra acquérir une répartition géographique très vaste sans subir des transformations profondes. Par contre, des groupements indis-

[1] Pavillard, J. Eléments de biologie végétale. Paris et Montpellier, p. 565, 1901.

[2] Häyrén, Ernst. Über die Landvegetation und Flora der Meeresfelsen von Tvärminne, *Acta Soc. pro fauna et flora fennica.* XXXIX, 1, Helsingfors, 1914.

cutablement inférieurs, notamment ceux de l'atmosphère ou ceux du plankton, peuvent atteindre une énorme extension.

Une loi énoncée dès 1823 par Schouw (*l. c.*, p. 356) et formulée par Alphonse de Candolle (*l. c.*, 1855, p. 499), se rapportant aux espèces de la systématique végétale, dit que « l'aire moyenne des espèces est d'autant plus petite que la classe dont elles font partie a une organisation plus complète, plus développée. » Il sera intéressant de vérifier cette loi à l'égard des unités de la sociologie végétale.

Dans la genèse des groupements de plantes la marche générale va du simple au compliqué: les groupements inférieurs précèdent habituellement l'installation des plus évolués [1].

Peu influencés par des conditions accidentelles et secondaires les termes supérieurs révèlent une vitalité et une force régénératrice d'autant plus grandes qu'ils se trouvent en parfaite harmonie avec le climat actuel. Le groupement climatique final (climax des Américains) représente souvent aussi l'expression sociologique la plus élevée pour un territoire donné; c'est en même temps le groupement le plus stable et de durée illimitée (« stable » ou « paleogenic formation », par opposition à « migratory » ou « neogenic formation » de Crampton). Vis-à-vis de ce groupement ultime, l'homme est pour ainsi dire impuissant: il lui est impossible de le créer, il n'arrive pas à le détruire entièrement, à tout instant de nouveaux efforts sont nécessaires s'il veut empêcher sa reconstitution ou l'adapter à ses convenances et à ses besoins. Des transformations climatiques seules pourraient déterminer une modification définitive.

Cette stabilité est beaucoup moins grande chez tous les groupements dits « édaphiques », régis par des conditions secondaires dépendant essentiellement du milieu local: elle l'est moins encore chez les groupements résultant de l'action de l'homme et des animaux : groupements anthropo-zoogènes. Qu'un lac se dessèche, qu'un rocher s'écroule, qu'une source se tarisse : il peut en résulter la disparition de certains groupements.

Les groupements culturaux dépendent le plus souvent de conditions utilitaires. Cela n'empêche pas cependant que ces

[1] Voir aussi Lüdi, W. Die Sukzession der Pflanzenvereine. *Mitt. Naturf. Ges.*, Bern, Taf. I-V, 1919.

derniers, malgré leur infériorité manifeste, peuvent rendre de bons services pour la délimitation de territoires, même étendus. L'essentiel est de les choisir convenablement[1]. Il existe d'ailleurs, même parmi les groupements culturaux, toute une gradation des plus simples aux plus évolués; certains, au point de vue de l'organisation sociologique, égalent et dépassent parfois des groupements naturels. Mais rarement un groupement cultural atteindra le degré d'organisation du groupement climatique final dont il a pris la place. Les phytogéographes américains (Clements, Cowles, Fuller, Harper, Nichols, etc.) assignent avec raison une place privilégiée à l'étude de l'association climatique finale (climax association), qu'ils opposent aux groupements édaphiques: groupements primaires, c'est-à-dire naturels, et groupements secondaires, c'est-à-dire artificiels, résultant surtout de l'activité humaine[2]. Pour la classification des territoires phytogéographiques, les groupements climatiques finaux prendront une importance toute particulière; leur distinction et leur délimitation géographique méritent d'être placées au premier plan du programme d'études phytosociologiques.

2. La *spécialisation relative,* c'est-à-dire par rapport aux territoires limitrophes, peut également fournir de bons caractères pour la subdivision des territoires phytogéographiques. Les étages altitudinaux des montagnes, par exemple, possèdent souvent des groupements végétaux et des unités systématiques absents dans les territoires environnants, mais se retrouvant soit dans d'autres massifs montagneux, soit sous d'autres latitudes. Il peut en être de même pour les enclaves ou exclaves à climat local particulier, comme par ex. les vallées centrales des Alpes (sous-secteur du pin sylvestre).

3. La présence ou l'absence d'espèces disjointes, de colonies d'échappées, de groupements de plantes rayonnants ou en voie de disparition, peuvent servir de point de repère pour fixer les limites de territoires subordonnés; ils permettent parfois de rattacher une contrée à un territoire déterminé. Signalons à ce sujet les colonies sarmatiques (pontico-steppiques) disséminées

[1] Voir p. ex. DURAND et FLAHAULT. Les limites de la région méditerranéenne en France, *Bull. Soc. bot. de France*, t. XXXIII, 1886.

[2] NICHOLS, G.-E. The interpretation and application of certain terms..., etc. *The Plant World,* XX, 1917.

dans l'Europe moyenne et qui ne franchissent nulle part vers l'ouest la limite occidentale du domaine médio-européen ; d'autre part les irradiations atlantiques ne s'avancent jamais vers l'est au delà du domaine médio-européen et de la partie occidentale de la région méditerranéenne.

4. La prépondérance numérique ou territoriale de certaines unités ou groupes systématiques (espèces, genres, familles) a de tout temps été employée pour caractériser des territoires différents. Depuis Haller, Willdenow, Humboldt, tous les auteurs en ont tiré parti.

Rappelons seulement que d'après Schouw (*l. c.*, 1823) une région (pflanzengeographisches Reich) devrait posséder en propre un certain nombre de familles ou du moins une forte majorité (entschiedenes Maximum) des espèces de ces familles : au moins un quart des genres devraient être dans le même cas; enfin la moitié au moins des espèces devraient appartenir en propre à la région. A. de Candolle donne pour de nombreux territoires du monde entier la proportion relative des espèces des principales familles (*l. c.*, 1855). Mais dans un article spécial (p. 1233) il met en garde contre l'exagération de l'importance des chiffres obtenus. « On ne saurait trop le répéter » — écrit-il, — « ces chiffres ne montrent la question des diversités de végétation que sous un seul point de vue... La valeur de ces familles [prépondérantes] sur le terrain dépend de bien d'autres circonstances, en particulier de la taille des individus, de leur durée, de leur nombre pour chaque espèce, de leur distribution égale ou inégale dans toutes les parties du territoire. » Pour les groupements de plantes, la prépondérance territoriale, c'est-à-dire l'extension, doit également entrer en ligne de compte. Toutefois les caractères de cette catégorie et de la précédente n'ont qu'une valeur subordonnée.

Qu'il nous soit permis, après cet exposé sommaire, d'essayer de donner une définition des territoires phytogéographiques de différente valeur. Pour les dénominations, nous nous tiendrons aux propositions de M. Flahault[1].

[1] Flahault, Ch. Projet de nomenclature phytogéographique, *Congrès Intern. de Bot., Paris,* 1900 et Introduction à la Flore descriptive et illustrée de la France, par l'abbé H. Coste, Paris, 1901.

I. Au sommet de l'échelle se place la *région* phytogéographique (Region), territoire généralement très étendu, possédant en propre des endémiques paléogènes d'ordre systématique supérieur: familles, sous-familles, tribus, beaucoup de genres, de nombreux groupements végétaux très évolués (groupements climatiques). Elle conserve cependant une certaine homogénéité de caractère phytosociologique et floristique. Exemples : région méditerranéenne, région eurosibérienne-boréoaméricaine, région océanique (à l'exclusion des côtes), etc.

II. Le *domaine* (Domäne, Provinz) est une subdivision de la région caractérisée par un endémisme paléogène générique généralement assez faible et un endémisme spécifique progressif très accentué, par au moins un groupement climatique bien évolué (rarement plusieurs, par ex. hautes montagnes), par des groupements locaux spéciaux, par le riche développement de certains genres et de certains groupements végétaux moins bien développés dans les domaines voisins. Exemples : domaine atlantique, domaine médio-européen, domaine circumboréal.

III. Le *secteur* (Sektor, Bezirk) possède en propre des groupements phytosociologiques locaux (édaphiques et biotiques) généralement peu spécialisés (font exception, par ex., les secteurs chevauchant sur les ceintures : littoral, étages altitudinaux dans les montagnes). Il n'y a pas de groupements climatiques spéciaux. L'endémisme spécifique est en général nettement accusé, l'endémisme générique nul ou réduit à quelques survivants en voie de disparition. Exemples: secteur du Plateau Central de la France, secteurs ibéro-atlantique, armorico-aquitanien, boréo-atlantique. boréo-européen.

IV. Le *sous-secteur* (Unterbezirk) est une subdivision du secteur moins bien délimité au point de vue spécifique et phytosociologique. Il possède cependant en propre soit certains groupements végétaux (locaux), soit des espèces paléo-endémiques. On y rencontre en outre de très nombreuses espèces néo-endémiques et des groupements végétaux peu ou points représentés dans les territoires limitrophes. Exemples : Sous-secteur des Cévennes méridionales, sous-secteur du pin sylvestre des Alpes [1].

[1] V. BRAUN-BLANQUET, J. Die Föhrenregion der Zentralalpentäler, etc., *Verh. Schweiz. Naturf. Ges.*, 98. Jahresvers., Schuls, IIe partie, 1916.

V. Le *district* (Distrikt, Kreis) est un territoire sans groupements végétaux particuliers, mais possédant souvent des groupements qui manquent dans les districts voisins, des facies territoriaux correspondant à des différences floristiques constantes ou des colonies d'échappées (irradiations). L'endémisme, s'il existe, y est réduit à des micro-endémiques d'âge récent. Il y a des espèces faisant défaut dans les districts voisins. Exemples: district auvergnat, district des Causses, district du massif de l'Aigoual, districts nîmois-montpelliérain, narbonnais, etc.

VI. Le *sous-district* (Unterdistrikt, Gau), terme inférieur de la hiérarchie, comprend enfin les dernières unités territoriales susceptibles d'être discernées. Il se distingue soit par l'absence, soit au contraire par la présence ou même la fréquence de certaines espèces typiques, échappées de territoires voisins, etc. ; en outre par des différences purement quantitatives dans la constitution du tapis végétal: prépondérance ou rareté de certains groupements, etc. Exemples: sous-district du Cantal, du Mont-Dore, du Forez ; sous-district des coteaux et sous-district des plaines alluviales nîmoises-montpelliéraines; sous-district occidental et oriental du plateau helvétique, etc.

Une application de cette subdivision territoriale a été tentée dans notre essai sur les origines de la flore du Plateau Central de France dont la rédaction vient d'être achevée.

RÉSUMÉ MÉTÉOROLOGIQUE
DE L'ANNÉE 1918

POUR

GENÈVE ET LE GRAND SAINT-BERNARD

PAR

Raoul GAUTIER
Directeur de l'Observatoire de Genève.

I. — Introduction.

Ce résumé se distinguera des précédents par sa concision et ne reproduira pas les données générales que fournissaient les résumés antérieurs. Il se bornera aux indications nécessaires pour compléter les tableaux. Ceux-ci restent les mêmes, mais contiennent parfois en un seul les éléments de deux des tableaux anciens.

De même que dans le résumé de l'année 1917, les chiffres extrêmes, non relevés au bas des tableaux, sont imprimés en caractères gras, de façon à rendre les tableaux plus parlants et à éviter des développements dans le texte qui les accompagne.

La p. 1 du *Bulletin mensuel* (avant décembre 1917) contient quelques remarques importantes auxquelles nous renvoyons le lecteur. Nous rappelons seulement que, dans ce résumé annuel, comme dans les bulletins mensuels de 1918, les heures du jour sont indiquées de 1 à 24 et exprimées, pour la première fois, en *temps moyen de l'Europe centrale.*

Les *écarts* indiqués sont partout déduits, comme précédemment, de la comparaison avec les *valeurs normales* empruntées,

pour *Genève,* aux *Nouvelles études sur le climat de Genève* d'Emile Plantamour, basées sur les observations météorologiques faites de 1826 à 1875. Comme nous avons publié récemment de *nouvelles moyennes*[1], il aurait pu paraître plus rationnel de s'en servir ici. Si nous ne l'avons pas fait, c'est que ces moyennes nouvelles diffèrent généralement peu des anciennes de Plantamour et qu'elles ne se rapportent pas encore à tous les jours de l'année, ni à tous les éléments météorologiques. Nous réservons le changement pour l'époque où nous serons à même de publier le travail d'ensemble de près d'un siècle sur le Climat de Genève.

Même remarque en ce qui concerne le *Grand Saint-Bernard*: les moyennes avaient été calculées par Plantamour sur les 27 années de 1841 à 1867 ; certaines, en particulier pour la pluie et la neige, sont sujettes à caution. Nous avons cependant continué à les employer ici par désir d'uniformiser les écarts avec ceux des années antérieures.

Les tableaux du *Bulletin mensuel*, publiés par les *Archives* sont établis chaque mois à l'Observatoire par M. Jules Marmet. Les tableaux du résumé ont été préparés par M. Ernest Rod.

Ce résumé est partagé en paragraphes correspondant aux divers éléments climatologiques. Dans chacun nous ne donnerons que les indications essentielles qui se rattachent aux chiffres des tableaux qui y figurent.

II. — Température.

Tableaux I-IV. — La *température moyenne de l'année* est inférieure à la moyenne pour l'année météorologique, et supérieure pour l'année civile. Cela tient à la grande différence des températures des mois de décembre 1917 et 1918 qui monte à 6°,52 pour Genève et à 5°,60 pour le Grand Saint-Bernard.

L'amplitude annuelle est, à Genève, de 20°,82 pour l'année météorologique (juillet-décembre) et de 17°,72 pour l'année

[1] Gautier, Raoul et Rod, Ernest. « Nouvelles moyennes pour les principaux éléments météorologiques de Genève, de 1826 à 1915 ou 1917 ». *Arch. 1918,* vol. 46, p. 210.

I. Température. GENÈVE, 1918.

Période	1 1/2	4 1/2	7 1/2	10 1/2	13 1/2	16 1/2	19 1/2	22 1/2	Température moyenne	Minimum moyen	Maximum moyen
	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
Décembre 1917.	−2.95	−3.28	−3.60	−2.31	−0.37	−0.81	−1.78	−2.37	**−2.18**	**−4.71**	0.45
Janvier 1918 . .	0.20	−0.37	−0.83	0.33	2.82	2.84	1.68	0.70	**0 92**	**−2.78**	4.52
Février	−0 22	−1.00	−1.19	1.76	4.82	4.89	3.14	1.43	1.70	−2.28	6.39
Mars	2.26	1.14	1.17	5.75	8.00	8.74	6.65	4.41	4.77	0.09	9.93
Avril	6.31	5.62	6.22	9.39	11.33	11.58	9.36	8 02	8.48	4.56	13.25
Mai	11.73	10.32	12.43	15.92	18 28	18.45	16.53	14 17	14.73	9.69	20.40
Juin.	11.89	10.63	13.29	16.29	18.41	18.97	17.08	14.47	15.13	9.62	20.83
Juillet	15.27	14 05	16.32	19.82	21.95	23 31	20.84	17.59	**18.64**	12.65	24.83
Août	15.19	13.91	15.81	20.24	22.80	23 30	20.20	17.23	18.59	12.55	**24.99**
Septembre . . .	12.87	11.95	12 63	17.05	19.33	19.00	16.07	14.34	15.41	10.36	21.05
Octobre	6.31	5.82	5.79	9 19	11.27	11.18	8.92	7.42	8.24	4.25	12.33
Novembre . . .	4.16	3.78	3.90	5.20	7.09	6.70	5.70	4.77	5.16	2.44	7.91
Décembre . . .	3.88	3.32	3.25	4.21	5.74	5.61	4.59	4.10	4.34	1.58	7.30
Hiver	−1.02	−1.57	−1.89	−0.13	2 34	2.22	0.94	−0.13	0.10	−3.29	3.70
Printemps . . .	6.77	5.69	6.61	10.37	12.55	12.94	10.86	8.88	9.33	4.78	14.54
Eté	14 14	12 89	15.15	18.81	21 08	21.89	19.40	16.45	17.48	11.63	23.58
Automne	7.76	7.17	7.42	10.46	12.55	12 28	10.22	8.83	9.59	5.67	13.86
Année météorol.	6.96	6.08	6.87	9 93	12.18	12.39	10.41	8.55	9 17	4.74	13.98
» civile. . .	7.54	6.65	7.45	10.48	12.70	12.93	10.95	9 10	9.72	5.27	14.56

II. Température. GENÈVE, 1918.

Période	7 ½	13 ½	21 ½	Température moyenne $\frac{7^1/_2+13^1/_2+21^1/_2}{3}$	Température moyenne $\frac{7^1/_2+13^1/_2+2\times21^1/_2}{4}$
	°	°	°	°	°
Décembre 1917.	−3.60	−0.37	−2.25	**−2.07**	**−2.12**
Janvier 1918 . .	−0.83	2.82	0.95	**0.98**	**0.97**
Février	−1.19	4.82	1.91	1.85	1.86
Mars	1.17	8.00	5.00	4.72	4.79
Avril	6.22	11.33	8.38	8.64	8.58
Mai	12.43	18.28	14.92	15.21	15.14
Juin.	13.29	18.41	15.05	15.58	15.45
Juillet.	16.32	21.95	18.58	**18.95**	**18.86**
Août	15.81	22.80	18.06	18.89	18.68
Septembre . . .	12.63	19.33	14.82	15.59	15.40
Octobre.	5.79	11.27	7.85	8.30	8.19
Novembre . . .	3.90	7.09	5.10	5.36	5.30
Décembre . . .	3.25	5.74	4.27	4.42	4.38
Hiver	−1.89	2.34	0.15	0.20	0.19
Printemps . . .	6.61	12.55	9.44	9.53	9.51
Été	15.15	21.08	17.25	17.83	17.68
Automne	7.42	12.55	9.24	9.74	9.61
Année météorol.	6.87	12.18	9.07	9.37	9.30
» civile . .	7.45	12.70	9.62	9.92	9.85

III. Température. SAINT-BERNARD, 1918.

Période	7 ½	13 ½	21 ½	Temp. moyenne $\frac{7^1/_2+13^1/_2+21^1/_2}{3}$	Temp. moyenne $\frac{7^1/_2+13^1/_2+2\times21^1/_2}{4}$	Minimum moyen	Maximum moyen
	°	°	°	°	°	°	°
Déc. 1917	−11.00	−9.30	−11.07	**−10.46**	**−10.61**	**−13.5**	−8.0
Janv. 1918	−8.21	−6.42	−7.82	**−7.48**	**−7.57**	**−10.6**	−5.0
Fév. . .	−7.51	−4.50	−6.93	−6.31	−6.47	−9.3	−3.3
Mars .	−8.62	−5.10	−7.86	−7.19	−7.36	−10.2	−3.9
Avril. .	−5.53	−2.58	−5.10	−4.40	−4.58	−6.9	−1.9
Mai . .	0.15	4.83	0.71	1.90	1.60	−1.2	6.2
Juin . .	0.94	4.48	1.50	2.31	2.11	−0.7	5.7
Juillet .	5.05	8.99	6.19	6.74	6.60	4.2	10.3
Août . .	4.89	9.73	5.96	**6.86**	**6.64**	3.5	**11.0**
Sept. .	4.13	7.12	4.55	5.27	5.09	2.3	8.3
Oct. . .	−2.70	−0.38	−2.37	−1.82	−1.96	−4.3	0.4
Nov. . .	−5.76	−3.28	−5.57	−4.87	−5.04	−7.4	−2.4
Déc. . .	−5.62	−3.76	−5.33	−4.90	−5.01	−7.8	−2.5
Hiver .	−8.95	−6.81	−8.66	−8.14	−8.27	−11.23	−5.52
Print. .	−4.66	−0.93	−4.07	−3.22	−3.44	−6.06	0.14
Été. . .	3.66	7.77	4.58	5.34	5.15	2.37	9.02
Autom.	−1.46	1.14	−1.15	−0.49	−0.65	−3.13	2.09
An. mét.	−2.82	0.33	−2.29	−1.60	−1.77	−4.48	1.47
» civ.	−2.37	0.80	−1.81	−1.13	−1.30	−3.99	1.93

IV. Écarts avec les températures normales, 1918.

Période	Genève		Grand St-Bernard	Différence entre les deux stations
	Moyenne des 8 obs.	$\frac{7\,^1/_2+13\,^1/_2+2\times21\,^1/_2}{4}$	$\frac{7\,^1/_2+13\,^1/_2+2\times21\,^1/_2}{4}$	
	°	°	°	°
Déc. 1917.	**−2.98**	**−2.92**	**−3.02**	+0.10
Janv. 1918	+1.00	+1.05	+1.47	−0.42
Février . .	+0.10	+0.26	+2.14	**−1.88**
Mars . . .	+0.17	+0.19	−0.04	+0.23
Avril . . .	−0.49	−0.39	−1.31	**+0.92**
Mai	**+1.53**	**+1.94**	+1.09	+0.85
Juin. . . .	**−1.68**	−1.36	**−1.98**	+0.62
Juillet. . .	−0.17	+0.05	+0.44	−0.39
Août . . .	+0.68	+0 77	+0.66	+0.11
Septembre	+0.75	+0.74	**+1.77**	−1.03
Octobre. .	−1.64	**−1.69**	−1.48	−0.21
Novembre	+0.61	+0.75	+0.26	+0.49
Décembre.	**+3.54**	**+3.58**	**+2.58**	**+1.00**
Hiver. . .	−0.65	−0.56	+0.13	−0.69
Printemps	+0.41	+0.59	−0.08	+0 67
Été	−0.37	−0.17	−0.27	+0.10
Automne .	−0.11	−0.09	+0.17	−0.26
An. météo.	−0.18	−0.05	−0.01	−0.04
» civile .	+0.37	+0.50	+0.46	+0.04

civile (juillet-janvier). Elle est d'une part supérieure et d'autre part inférieure à sa valeur moyenne: 18°,89 (juillet-janvier) — Au Grand Saint-Bernard l'amplitude annuelle est de 17°,25 pour l'année météorologique (août-décembre) et de 14°,21 pour l'année civile (août-janvier) en présence d'une valeur moyenne de 15°,20 (juillet-janvier).

Tableau V. — Le seul tableau qui ne se rapporte qu'à l'année civile prête aux remarques suivantes: — 1° En janvier: pentade la plus froide au double point de vue absolu et relatif et la plus chaude au point de vue relatif. La pentade la plus chaude, absolument, est en juillet. — 2° Les plus forts changements de température ont également eu lieu en janvier: hausse de 8°.23 entre la 3e et la 4e pentade; baisse de 6°,57 entre le 5e et la 6e. — 3° Les plus longues séries de chaleur relative se présentent en mai et en décembre (5 pentades) et la plus longue série de froid relatif en juin-juillet (8 pentades); ce qui cor-

V. Température de 5 en 5 jours. GENÈVE, 1918.

Date	Température moyen.	Différence avec la normale	Date	Température moyen.	Différence avec la normale
	o	o		o	o
1- 5 Janvier	**– 4.95**	**(–4.69)**	30- 4 Juillet	16.27	(–2.01)
6-10 »	– 0.87	–0.55	5- 9 »	18.41	–0.13
11-15 »	0.01	+0.31	10-14 »	18.68	–0.05
16-20 »	8.24	(+8.44)	15-19 »	**22.43**	(+3.58)
21-25 »	5.00	(+5.03)	20-24 »	19.95	+1.05
26-30 »	– 1.57	–1.78	25-29 »	16.17	(–2.70)
31- 4 Février	– 1.89	(–2.40)	30- 3 Août	17.81	–0 96
5- 9 »	3.23	(+2 36)	4- 8 »	17.19	–1.40
10-14 »	3.87	(+2.59)	9-13 »	16.60	(–1.75)
15-19 »	– 1 85	(–3.59)	14-18 »	21.24	(+3.21)
20-24 »	3.19	+0 96	19-23 »	21.24	(+3 59)
25- 1 Mars	3.07	+0.31	24-28 »	19 21	(+2.00)
2- 6 Mars	1.15	(–2.17)	29- 2 Septem.	15.47	–1.23
7-11 »	2.80	–1.10	3- 7 »	17.80	(+1.67)
12-16 »	4.11	–0.40	8-12 »	17.04	(+1.52)
17-21 »	7.03	(+1.90)	13-17 »	14.85	0.00
22-26 »	7.87	(+2.10)	18-22 »	15.44	+1 31
27-31 »	6.36	–0.07	23-27 »	12.59	–0.78
1- 5 Avril	7.90	+0.80	28- 2 Octobre	11.40	–1.17
6-10 »	8.22	+0.43	3- 7 »	9 81	(–1.93)
11-15 »	11.52	(+3.03)	8-12 »	8.81	(–2.07)
16-20 »	7.19	(–2.00)	13-17 »	8.17	(–1.83)
21-25 »	5.50	(–4.41)	18-22 »	7.50	(–1.61)
26-30 »	10.54	–0.09	23-27 »	9.37	+1.16
1- 5 Mai	12.39	+1.04	28- 1 Novem.	5.10	(–2.22)
6-10 »	13.17	+1.10	2- 6 »	7.72	+1.28
11-15 »	13.58	+0.80	7-11 »	9.56	(+3.99)
16-20 »	16.44	(+2.95)	12-16 »	4.09	–0.65
21-25 »	17.87	(+3.70)	17-21 »	2.08	–1.87
26-30 »	14 76	–0.07	22-26 »	1.95	–1.25
31- 4 Juin	16.18	+0.72	27- 1 Décem.	5.02	(+2.51)
5- 9 »	15.14	–0.92	2- 6 »	1.18	–0.70
10-14 »	15.64	–0.97	7-11 »	4.00	(+2.68)
15-19 »	12.99	(–4.12)	12-16 »	7.16	(+6.32)
20-24 »	14.13	(–3.43)	17-21 »	4.30	(+3 86)
25-29 »	16.65	–1.31	22-26 »	4.76	(+4.64)
			27-31 »	5.00	(+5.11)

VI. Classement des températures diurnes. — GENÈVE 1918.

Période	Nombre de Jours									Jour le plus froid	Jour le plus chaud
	très froids		froids		tempérés		chauds		très chauds		
	-15° à -10	-10° à -5	-5° à 0	0° à +5	+5° à +10	+10° à +15	+15° à +20	+20° à +25	+25° à +30	°	°
Décembre 1917	—	5	22	2	2	—	—	—	—	− 8.76 le 28	5 21 le 1
Janvier 1918	—	3	14	6	8	—	—	—	—	− 9.11 le 5	8.62 le 16
Février	—	—	10	13	5	—	—	—	—	− 3 52 le 16	7.08 le 23
Mars	—	—	—	17	14	—	—	—	—	0.04 le 2	9.87 le 25
Avril	—	—	—	3	18	9	—	—	—	1.86 le 21	13 35 le 14
Mai	—	—	—	—	—	19	12	—	—	10.94 le 1	19.94 le 23
Juin	—	—	—	—	—	13	17	—	—	11.18 le 17	18.85 le 26
Juillet	—	—	—	—	—	2	19	10	—	13 55 le 28	24.34 le 18
Août	—	—	—	—	—	2	21	7	1	13.24 le 31	25.04 le 23
Septembre	—	—	—	—	—	15	15	—	—	10.81 le 24	19.91 le 19
Octobre	—	—	—	2	24	5	—	—	—	4.23 le 28	11.38 le 7
Novembre	—	—	—	13	16	1	—	—	—	0.54 le 23	10.51 le 9
Décembre	—	—	2	16	11	2	—	—	—	− 0.68 le 6	10.36 le 30
Année météorologique	—	8	46	56	87	66	84	17	1	− 9.11 le 5 janvier	25.04 le 23 août
» civile	—	3	26	70	96	68	84	17	1	»	»

VII. Classement des températures diurnes. — SAINT-BERNARD, 1918.

Période	Nombre de jours dont la température est comprise entre								Jour le plus froid	Jour le plus chaud
	° -25 et -20	° -20 et -15	° -15 et -10	° -10 et -5	° -5 et 0	° 0 et +5	° +5 et +10	° +10 et +15		
Décembre 1917	1	4	10	14	2	—	—	—	° −22.0 le 27	° − 1.3 le 14
Janvier 1918	—	—	8	15	8	—	—	—	−14.1 le 9	− 2.7 le 26
Février	—	1	4	14	8	1	—	—	−18.2 le 16	1.8 le 24
Mars	—	—	6	17	8	—	—	—	−11.6 les 3 et 4	− 1.1 le 24
Avril	—	—	—	12	18	—	—	—	− 9.0 le 20	− 0.9 le 27
Mai	—	—	—	—	8	20	3	—	− 1.9 le 28	6.6 le 19
Juin	—	—	—	—	6	22	2	—	− 1.0 les 6 et 17	7.3 le 14
Juillet	—	—	—	—	1	7	18	5	0.0 le 28	12.4 le 17
Août	—	—	—	—	1	8	16	6	− 1.1 le 30	12.9 le 21
Septembre	—	—	—	—	1	14	13	2	− 0.5 le 13	11.4 le 19
Octobre	—	—	—	5	20	6	—	—	− 6.4 le 17	4.0 le 6
Novembre	—	—	4	10	16	—	—	—	−13.5 le 16	− 0.1 les 2 et 6
Décembre	—	1	5	7	14	4	—	—	−16.3 le 26	3.2 le 5
Année météorol.	1	5	32	87	97	78	52	13	−22.0 le 27 déc.	12.9 le 21 août
» civile	—	2	27	80	109	82	52	13	−18.2 le 16 fév.	»

respond bien aux écarts du tableau IV. — 4° Les écarts négatifs sont un peu plus nombreux que les écarts positifs : — 37 contre 35 et un écart nul ; — mais les derniers sont généralement plus forts, ce qui explique pourquoi l'année civile a une température moyenne qui dépasse la normale. Rappelons que les écarts mis entre parenthèses sont ceux qui dépassent la valeur probable calculée par Plantamour. Or cette année il y en a 23 positifs et seulement 16 négatifs.

Tableaux VI-X. — A Genève : un jour très chaud le 23 août ; il n'y en avait pas eu depuis juillet 1911 ; puis 8 jours très froids en décembre 1917 et janvier 1918, dont seulement 3 pour l'année civile ; il y en avait eu 13 et 18 en 1917.

L'oscillation extrême de la température, 47°,1, est un peu supérieure à la moyenne à Genève (45°,8). — Au Grand Saint-Bernard elle est encore plus forte qu'en 1917, pour l'année météorologique tout au moins.

La dernière *gelée blanche à glace* du printemps, à Genève, a eu lieu le 28 mars, mais le thermomètre à minimum est encore

VIII. Températures extrêmes. GENÈVE, 1918.

Période	Minimum absolu	Date	Maximum absolu	Date	Amplitude	Nombre de jours Minim. au-dessous de 0°	Nombre de jours Maxim. au-dessous de 0°
	°		°		°		
Décembre 1917.	−13.0	le 29	9.6	le 1	22.6	29	12
Janvier 1918 . .	−14.0	le 5	14.2	les 19 et 20	28.2	20	10
Février	− 8.0	le 17	14.2	le 8	22.2	21	6
Mars	− 4.2	le 6	18.2	le 25	22.4	18	—
Avril	0.0	le 21	20.0	le 14	20.0	—	—
Mai.	5.0	le 15	26.8	le 23	21.8	—	—
Juin	4.9	le 24	28.1	le 14	23.2	—	—
Juillet	6.8	le 29	31.2	le 16	24.4	—	—
Août	4.8	le 31	33.1	le 23	28.3	—	—
Septembre . . .	4.2	le 14	29.5	le 5	25.3	—	—
Octobre	− 0.8	le 29	19.5	le 7	20.3	2	—
Novembre. . . .	− 2.9	le 24	15.5	le 7	18.4	5	—
Décembre	− 3.0	le 27	13.8	le 30	16.8	12	—
Année météorol.	−14.0	le 5 janvier	33.1	le 23 août	47.1	95	28
» civile . .	»		»		»	78	16

IX. Températures extrêmes. SAINT-BERNARD, 1918.

Période	Minimum absolu	Date	Maximum absolu	Date	Amplitude	Nombre de jours Minim. au-dessous de 0°	Nombre de jours Maxim. au-dessous de 0°
	°		°				
Décembre 1917.	−25.0	le 27	1.3	le 14	26.3	31	30
Janvier 1918 . .	−23.0	le 9	1.5	le 26	24.5	31	28
Février	−21.0	le 16	6.0	le 24	27.0	28	21
Mars	−16.4	le 27	3.4	le 23	19.8	31	25
Avril	−13.0	le 22	3.2	le 26	16.2	30	24
Mai	− 5.3	le 15	12.4	le 19	17.7	20	—
Juin	− 6.0	le 24	11.8	le 9	17.8	13	—
Juillet	− 1.2	le 28	17.3	le 17	18.5	2	—
Août	− 4.0	le 30	18.4	le 21	22.4	6	—
Septembre . . .	− 3.0	le 13	16.0	le 20	19.0	5	—
Octobre	− 9.0	le 17	7.8	le 6	16.8	30	12
Novembre. . . .	−14.8	le 17	2.7	le 11	17.5	30	19
Décembre	−19.0	le 26	6.2	le 5	25.2	30	21
Année météorol.	−25.0	le 27 décembre	18.4	le 21 août	43.4	257	159
» civile. . .	−23.0	le 9 janvier	»		41.4	256	150

X. — Température du Rhône, 1918.

Période	Moy.	Écarts avec la normale	Minimum	Maximum	Différence entre la température de l'eau et celle de l'air
	°	°	°	°	°
Déc. 1917.	5.92	−0.69	4.0 le 27	7.8 le 1	**+8.10**
Janv. 1918	**3.97**	−1.14	3.5 les 5, 10 et 12	4.5 le 24	+3.05
Février . .	4.32	−0.64	3.4 le 16	5.0 les 15, 27 et 28	+2.62
Mars . . .	6.04	−0.08	4.6 le 2	7.4 le 25	+1.27
Avril . . .	7.93	−0.85	6.5 le 2	9.8 les 29 et 30	−0.55
Mai	12.69	**+0.97**	8.0 le 14	16.5 le 23	**−2.04**
Juin	14.48	−0.86	9.6 le 24	17.0 le 29	−0.65
Juillet . .	17.04	−1.05	14.4 les 25 et 29	21.4 le 20	−1.60
Août. . . .	**17.74**	−0.91	12.6 le 7	20.5 le 23	−0.85
Sept. . . .	15.78	**−1.29**	8.5 le 13	18.5 le 19	+0.37
Octobre .	13.41	−0.57	12.0 les 30 et 31	14.6 le 5	+5.17
Novembre	10.45	+0.82	9.0 du 26 au 29	12.0 les 1 et 12	**+5.29**
Décembre	7.52	+0.91	5.7 le 27	9.2 le 2	+3.18
An. mét. .	10.92	−0.42	3.4 le 16 fév.	21.4 le 20 juillet	+1.75
» civ. .	11.04	−0.30	»	»	+1.32

tombé à 0°,0 le 21 avril : la première gelée blanche à glace a eu lieu le 28 octobre.

Au Grand Saint-Bernard, le petit *lac* a été complètement dégelé le 22 juillet seulement ; il s'est congelé à nouveau le 13 octobre.

III. — Pression atmosphérique.

Baromètres normaux : à Genève, Fuefs N° 1492/57 ; correction $+0^{mm},21$; altitude $404^{m},96$; — au Grand Saint-Bernard, Fuefs N° 1570/100 ; correction $+ 0^{mm},75$; altitude $2475^{m},8$.

Tableaux XI-XV. — Moyenne annuelle supérieure à la normale aux deux stations, surtout à cause des hautes pressions de l'hiver. — Aucun extrême intéressant.

IV. — Humidité de l'air.

Tableaux XVI et XVII. — A Genève année plutôt sèche avril seul est très humide ; novembre et les deux mois de décembre dépassent un peu la moyenne. — Moins de cas de saturation que la moyenne, comme durant les années antérieures.

Au Grand Saint-Bernard l'humidité est en moyenne plus forte qu'à Genève ; mais son oscillation est inversée. Les moyennes extrêmes sont plus accusées qu'en 1917 ; pas de cas de sécheresse accusé de l'air et plus de cas de saturation que l'année précédente.

V. — Vents.

Tableaux XVIII-XXI. — L'année 1918 n'a pas été plus venteuse, à Genève, que les précédentes, même moins que 1917. Seuls les mois de mai, juin, octobre et novembre sont remarquables par une forte prédominance de la bise. Le nombre de jours de forte bise approche enfin du chiffre moyen calculé par Plantamour (42). Mais il y a toujours un fort déficit de jours de fort vent du midi.

XI. Pression atmosphérique. — GENÈVE, 1918.

Période	Hauteur moyenne	1 1/2	4 1/2	7 1/2	10 1/2	13 1/2	16 1/2	19 1/2	22 1/2
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Décembre 1917	728.74	+0.07	0.00	+0.11	+0.56	−0.26	−0.42	−0.12	+0.06
Janvier 1918	730.59	+0.07	−0.30	−0.28	+0.37	−0.26	−0.32	+0.19	+0.53
Février	**734 10**	+0.66	+0.38	+0.41	+0.61	−0.26	−0.98	−0.53	−0.29
Mars	726.34	+0.12	+0 07	+0.33	+0.53	−0.13	−0.72	−0.28	+0.08
Avril	**721.83**	+0.15	−0.13	+0.04	+0.19	−0.26	−0.56	+0.04	+0.53
Mai	726.43	+0.29	+0.19	+0.52	+0.46	−0.27	−0.88	−0.54	+0.23
Juin	727.70	+0.44	+0.13	+0 27	+0.27	−0.18	−0 63	−0.46	+0 16
Juillet	727.85	+0.40	+0.34	+0.51	+0.29	−0.28	−0 81	−0.65	+0.20
Août	728.92	+0.34	+0.18	+0.48	+0.45	−0.24	−0.78	−0.59	+0.16
Septembre	726.65	+0.01	−0.41	+0.12	+0.43	0.00	−0.42	−0.07	+0.34
Octobre	727.24	+0 26	0.00	+0.14	+0.33	−0.31	−0.68	0.00	+0.26
Novembre	728.38	+0.05	−0.19	−0.13	+0.38	−0.27	−0.34	+0.17	+0.33
Décembre	728.47	+0.09	+0 03	+0.17	+0.75	−0.24	−0.43	−0.19	−0.18
Hiver	731.04	+0.26	+0.02	+0.07	+0.50	−0.26	−0.56	−0.14	+0.41
Printemps	724 90	+0.19	+0.05	+0.30	+0.39	−0.22	−0.72	−0.27	+0.28
Été	728.16	+0.40	+0.22	+0.41	+0.34	−0.24	−0.74	−0.57	+0.18
Automne	727.42	+0.12	−0.20	+0.05	+0.38	−0.20	−0.48	+0.03	+0.30
Année météorologique	727.87	+0.24	+0.02	+0.21	+0.41	−0.23	−0.62	−0.24	+0 21
Année civile	727.84	+0.24	+0.02	+0.22	+0.42	−0.23	−0.63	−0.24	+0 20

XII. Pression atmosphérique. — Saint-Bernard, 1918.

Période	Hauteur moyenne	7 ½	13 ½	21 ½
	mm	mm	mm	mm
Décembre 1917	561.01	+0.02	-0.10	+0.08
Janvier 1918	565.14	-0.28	-0.19	+0.47
Février	567.14	-0.04	-0.07	+0.11
Mars	561.71	-0.42	+0.03	+0.39
Avril	**559.48**	-0.45	-0.02	+0.47
Mai	566.01	-0.34	+0.01	+0.33
Juin	566.72	-0.35	-0.03	+0.38
Juillet	569 29	-0.28	0.00	+0.28
Août	**569.89**	-0 19	-0.07	+0.26
Septembre	567.87	-0.09	-0.11	+0.20
Octobre	564.46	-0.11	-0.17	+0.28
Novembre	564.22	-0.26	-0.14	+0.40
Décembre	563.49	-0.10	-0.10	+0.20
Hiver	564 34	-0.10	-0.13	+0.23
Printemps	562.43	-0.40	0.00	+0.40
Été	568.66	-0.28	-0.04	+0.32
Automne . . . , ...	565.51	-0.15	-0.14	+0.29
Année météorologique.	565.24	-0.23	-0.07	+0.30
» civile	565.45	-0.25	-0 07	+0.32

XIII. Pression atmosphérique. — Écarts, 1918.

Période	Genève	St-Bernard	Genève-Saint-Bernard
	mm	mm	mm
Décembre 1917	+0.78	-1.31	**+2.09**
Janvier 1918	+3.22	+4.65	-1 43
Février	**+7.26**	**+6 90**	+0.36
Mars	+1.31	+2.00	-0.69
Avril	**-2.94**	**-2.15**	-0.79
Mai	+1.19	+2.17	-0.98
Juin	+0.51	-0.39	**+0.90**
Juillet	+0.20	+0.81	-0.61
Août	+1.26	+1.49	-0.23
Septembre	-0.98	+0 42	**-1.40**
Octobre	+0.73	-0.14	+0.87
Novembre	+2.53	+2.19	+0.34
Décembre	+0.51	+1.17	-0.66
Année météorologique .	+1.23	+1.36	-0 13
» civile	+1.20	+1.57	-0.37

XIV. Pressions extrêmes. GENÈVE, 1918.

Période	Minimum absolu	Date	Maximum absolu	Date	Amplitude
	mm		mm		mm
Décembre 1917 . . .	715.5	le 17	742.2	le 6	26.7
Janvier 1918.	707.6	le 8	742.8	le 25	35.2
Février.	714.2	le 28	741.8	le 11	27.6
Mars	713.9	le 2	737.0	le 22	23.1
Avril	711.5	le 14	729.2	le 26	17.7
Mai.	715.1	le 7	733.0	le 2	17.9
Juin.	715.9	le 17	734.5	le 8	18.6
Juillet	722.7	le 9	733.0	le 19	10.3
Août	721.8	le 3	734.7	le 21	12.9
Septembre.	715.8	le 23	734.4	le 20	18.6
Octobre	719.2	le 17	735.4	le 29	16.2
Novembre	719.2	le 3	737.9	le 10	18.7
Décembre	714.0	le 31	738.1	le 14	24.1
Année météorol. . .	707.6	le 8 janv.	742.8	le 25 janv.	35.2
» civile.	»		»		35.2

XV. Pressions extrêmes. SAINT-BERNARD, 1918.

Période	Minimum absolu	Date	Maximum absolu	Date	Amplitude
	mm		mm		mm
Décembre 1917 . . .	547.1	le 28	571.1	le 6	24.0
Janvier 1918.	546.8	le 8	576.3	le 25	29.5
Février.	553.0	le 28	574.9	le 11	21.9
Mars	548 3	le 2	570.5	le 21	22.2
Avril	552.9	le 20	566.2	le 26	13.3
Mai.	556.8	le 7	572.6	le 23	15.8
Juin	559.2	le 17	573.7	le 8	14.5
Juillet	564.2	le 1	574.5	le 17	10 3
Août	563.8	le 7	577.6	le 21	13.8
Septembre.	556 5	le 24	573.2	le 15	16.7
Octobre	556.4	le 16	572.3	le 6	15.9
Novembre	558.0	le 18	573.9	le 10	15.9
Décembre	552.1	le 19	574.5	le 14	22.4
Année météorol. . .	546.8	le 8 janv.	577.6	le 21 août	30.8
» civile.	»		»		30 8

XVI. Fraction de saturation en pour cent. GENÈVE, 1918.

Période	1 ½	4 ½	7 ½	10 ½	13 ½	16 ½	19 ½	22 ½	Fraction moyenne	Ecart	Minimum absolu	Maximum absolu	Fréq. relat. de la saturation	Ecart
Déc. 1917. .	89	89	91	88	82	83	87	89	**87**	+ 1	40	100 3 fois	0.012	-0.135
Janvier 1918	87	88	87	84	77	78	84	85	84	- 2	34	100 21 »	0 085	-0 060
Février . . .	86	89	89	79	70	69	79	83	80	- 2	25	100 2 »	0.009	-0.087
Mars	80	85	85	62	54	54	66	76	70	- 5	21	99	0.000	-0.039
Avril	80	85	86	72	60	58	71	78	74	+ **4**	20	100 1 fois	0.004	-0.012
Mai.	76	81	77	61	52	49	59	70	66	- 4	21	98	0.000	-0.016
Juin.	77	81	74	61	50	50	59	69	65	- 5	21	99	0.000	-0.010
Juillet . . .	74	77	73	59	51	46	57	70	**63**	- 5	29	99	0.000	-0.006
Août	76	81	76	58	46	45	60	70	64	- **7**	21	98	0.000	-0.009
Septembre .	83	89	88	69	59	60	75	82	76	- 1	23	100 4 fois	0 017	-0.008
Octobre . .	89	91	91	78	67	68	81	87	82	- 1	32	100 1 »	0 004	-0.079
Novembre .	87	88	89	85	77	78	82	84	84	+ 1	51	100 3 »	0.013	-0.054
Décembre .	89	90	90	87	81	82	87	90	**87**	+ 1	40	100 34 »	0.137	-0.010
Hiver. . . .	87	88	89	84	76	77	84	86	84	- 1	25	100 26 fois	0.036	-0.094
Printemps .	80	84	83	65	55	53	65	74	70	- 2	20	100 1 »	0.001	-0.023
Été	76	80	74	59	49	47	58	70	64	- 5	21	99	0.000	-0 008
Automne . .	87	89	89	77	68	69	79	84	80	- 1	23	100 8 fois	0.011	-0.047
Année mét.	83	85	84	71	62	61	72	79	74.5	-2.3	20	100 35 fois	0.012	-0 043
» civ.	83	85	84	71	62	61	72	78	74.5	-2.3	20	100 66 »	0.023	-0.032

XVII. Fraction de saturation en pour cent. GRAND SAINT-BERNARD, 1918.

Période	7 ½	13 ½	21 ½	Fract. moy.	Min. abs.	Maximum absolu	Fréq. rel. de la saturation
Décembre 1917 .	82	81	79	80	20	100 2 fois	0.022
Janvier 1918 . . .	73	73	74	73	22	100 3 »	0.032
Février	65	60	67	**64**	24	100 3 »	0.036
Mars	80	73	88	80	28	100 8 »	0.086
Avril	95	87	97	**93**	50	100 26 »	0.289
Mai	84	68	90	81	34	100 18 »	0.194
Juin	86	72	92	83	27	100 22 «	0 244
Juillet.	77	68	89	78	20	100 16 »	0.172
Août	80	66	87	78	14	100 9 »	0.097
Septembre	77	75	84	79	21	100 15 »	0.167
Octobre	83	82	87	84	22	100 17 »	0 183
Novembre	82	82	85	83	24	100 22 »	0.244
Décembre	82	74	79	78	27	100 18 »	0.194
Hiver	73	72	74	73	20	100 8 fois	0.030
Printemps	86	76	91	84	28	100 52 »	0.188
Été	81	69	89	80	14	100 47 »	0.170
Automne	81	80	85	82	21	100 54 »	0.198
Année météor.. .	80	74	85	80	14	100 161 fois	0.147
» civile . . .	80	73	85	79	14	100 177 »	0.162

XVIII. Vents observés. GENÈVE, 1918.

	Déc. 1917	Janvier 1918	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Année météor.	Année civile
Calme . . .	27	47	75	68	86	50	62	65	65	62	110	108	109	825	907
N.	8	9	6	14	5	9	5	2	1	2	1	3	3	65	60
NNE	47	22	63	78	34	110	91	53	71	26	55	64	13	**714**	**680**
NE.	27	13	3	1	4	5	5	2	0	3	7	7	1	77	51
ENE	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
E.	6	5	3	0	0	1	1	0	2	4	1	2	1	25	20
ESE	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2
SE	28	9	16	1	3	1	2	3	1	5	2	3	6	74	52
SSE	5	3	0	1	0	1	1	4	1	4	0	2	2	22	19
S.	10	4	0	0	0	0	7	1	0	0	2	2	1	26	17
SSW. . . .	11	24	10	21	19	23	9	31	29	54	11	5	36	**247**	**272**
SW	15	23	4	8	16	10	11	17	18	14	2	0	17	138	140
WSW . . .	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
W	5	12	6	2	2	3	4	9	7	5	0	0	2	55	52
WNW. . .	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NW	3	8	0	1	4	2	2	3	2	3	3	0	3	31	31
NNW . . .	3	13	2	7	9	10	8	6	4	7	5	0	3	74	74

XIX. Vents. GENÈVE, 1918.

Période	Vents NNE	Vents SSW	Vents Rap.	Calme s. 1000	Nomb. de j. de forte bise	Nomb. de j. de fort v. du midi	Vitesse moy. du vent km par heure
Décembre 1917	82	36	2.28	**145**	2	0	4.46
Janvier 1918 . .	44	51	0.86	**253**	1	2	**2.60**
Février	72	14	5.14	446	4	0	4.07
Mars	93	29	3.21	366	3	1	3.94
Avril	43	35	1.23	478	0	0	3.29
Mai.	124	33	3.76	269	6	0	6.54
Juin	101	27	3.74	344	**10**	0	**7.89**
Juillet	57	49	1.16	348	2	0	4.79
Août	72	47	1.53	349	2	**3**	3.86
Septembre . . .	31	68	**0.46**	344	1	2	4.67
Octobre	63	15	4.20	591	3	0	2.82
Novembre . . .	74	7	**10.57**	**600**	3	0	3.61
Décembre . . .	17	54	**0.31**	586	0	2	4.05
Année météor.	856	411	2.08	377	37	8	—
» civile. .	791	429	1.84	414	35	10	—

XX. Jours pour lesquels la vitesse du vent a dépassé, en moyenne, 25 kilomètres par h.

Date	Km p. h.	Direction
27 Décembre 1917	32.8	NNE
15 février 1918	30.4	NNE
28 mai »	**40.7**	NNE
29 » »	30.8	NNE
5 juin »	30.1	NNE
23 décembre »	28 5	SSW

XXI. Vents. SAINT-BERNARD, 1918.

Période	Vents NE	Vents SW	Vents Rapport	Calme sur 1000
Décembre 1917.	85	54	1.57	**151**
Janvier 1918 . .	50	47	1.06	344
Février	45	19	**2.37**	**440**
Mars	43	48	0.90	290
Avril	18	71	**0.25**	378
Mai	25	52	0.48	430
Juin.	52	28	1.86	367
Juillet	42	36	1.17	323
Août	56	31	1.81	290
Septembre . . .	23	72	0.32	311
Octobre.	68	41	1.66	215
Novembre . . .	31	52	0.60	**211**
Décembre . . .	64	20	**3.20**	280
Année météorol.	538	551	0.98	354
» civile. . .	517	517	1.00	365

VI. — Pluie et neige.

Tableaux XXII-XXIV. — L'année météorologique est normale, à Genève, — plutôt sèche si l'on tient compte des « nouvelles moyennes » (849^{mm}), et un peu trop humide au Grand Saint-Bernard. L'année civile est pluvieuse aux deux stations. — La *neige* a été plus abondante que d'ordinaire à Genève, mais l'année paraît pourtant faiblement neigeuse, venant après l'hiver à neige de 1916-17. Au Grand Saint-Bernard, seul le mois de décembre 1918 est très neigeux.

Les mesures de la pluie et de la neige faites au Grand Saint-Bernard avec le nouveau pluviomètre protégé feront l'objet d'une étude spéciale, quand on disposera d'un nombre suffisant de mois ou d'années d'observation.

XXII. Neige a Genève en 1918.

cm				neige sur le sol
21	en décembre 1917	en 4 jours		**16** jours
22	» janvier 1918	» 2 »		**12** »
. . .	. . .	. . .		. . .
12	» mars »	» 2 »		6 »
4	» avril »	» 2 »		2 »
. . .	. . .	. . .		. . .
1	» décembre 1918	» 1 »		—
59	dans l'année météor.	10 jours		36 jours
39	dans l'année civile	7 »		20 »

Les *tableaux XXV-XXVII* contiennent la *statistique* spéciale de la pluie à Genève. Le tableau XXVII élimine l'inégalité de durée des mois et des saisons ; on y trouve : 1° la *durée relative de la pluie,* fraction obtenue en divisant le nombre d'heures de pluie par le nombre d'heures de la période ; 2° le *nombre moyen d'heures de pluie par jour de pluie,* obtenu en divisant, pour chaque période, le nombre d'heures de pluie par le nombre de jours de pluie ; 3° *l'eau tombée en une heure,* obtenue en divisant la hauteur d'eau tombée durant la période par le nombre d'heures de pluie de la période ; cela représente donc *l'intensité moyenne des chutes d'eau.*

Les *tableaux XXVIII et XXIX* fournissent le relevé des observations pluviométriques faites : 1° dans douze stations du canton de Genève ; — la station de Puplinge manque cette année encore, plusieurs totaux mensuels faisant défaut — ; 2° dans

Période	Genève			Saint-Bernard		
	Nombre de jours	Eau tombée	Nombre d'heures	Nombre de jours	Eau tombée	Haut. de la neige
		mm			mm	cm
Décembre 1917.	6	13.0	39	15	87.1	146
Janvier 1918 . .	11	51.3	78	14	118.8	177
Février	**4**	**10 0**	**20**	**5**	**29.5**	43
Mars	9	47.0	77	16	92.4	167
Avril	**16**	105.8	112	**20**	175 5	**192**
Mai	7	17.3	27	7	53.6	10
Juin.	13	155.0	101	15	**193.1**	57
Juillet	9	64.7	36	7	65.4	9
Août	7	33.3	31	10	74.9	18
Septembre . . .	**16**	**179.9**	**115**	18	174 5	**8**
Octobre.	10	60.8	64	17	161.4	94
Novembre . . .	13	76.7	68	15	144 5	163
Décembre. . . .	**20**	154.3	151	17	**300.1**	**363**
Hiver	21	74.3	137	34	235.4	366
Printemps . . .	32	170.1	216	43	321.5	369
Été	29	253.0	168	32	333.4	84
Automne	39	317.4	247	50	480.4	265
Année météorol.	121	814.8	768	159	1370.7	1084
» civile. . .	135	956.1	880	161	1583.7	1301

XXIV. Écarts avec les moyennes de précipitations, 1918.

Période	Genève		Grand Saint-Bernard	
	Jours de pluie	Eau tombée	Jours de pluie	Eau tombée
		mm		mm
Décembre 1917.	− 3	− 38.0	+ 7	+ 14.0
Janvier 1918 . .	+ 1	+ 2.5	+ 3	− 10.3
Février	− 4	− 26.5	− **4**	− 64.1
Mars	− 1	− 0.2	+ 5	− 4.5
Avril	+ 5	+ 49.0	+ **9**	+ 55.4
Mai	− **5**	− **61.9**	− **4**	− **66 5**
Juin.	+ 2	+ **79.1**	+ 5	+ **91.8**
Juillet	0	− 6.1	− 2	− 9.7
Août	− 3	− 47.1	+ 1	− 10.9
Septembre . . .	+ **6**	+ 85.6	+ **9**	+ 58.5
Octobre.	− 2	− 40.2	+ 7	+ 19.1
Novembre . . .	+ 2	+ 2.7	+ 5	+ 46.0
Décembre. . . .	+ **11**	+ **103.3**	+ **9**	+ **227.0**
Hiver	− 6	− 62.0	+ 6	− 60 4
Printemps . . .	− 1	− 13.1	+ 10	− 15.6
Été	− 1	+ 25.9	+ 4	+ 71.2
Automne	+ 6	+ 48.1	+ 21	+ 123.6
Année météorol.	− 2	− 1.1	+ 41	+ 118 8
» civile. . .	+ 12	+ 140.2	+ 43	+ 331.8

XXV. Périodes de sécheresse et de pluie. GENÈVE, 1918.

Péri de	Périodes de sécheresse	Périodes pluvieuses	Pluie dans les 24 heures au-dessous de		Pluie dans 24 heures	
			1mm	0mm,25	Maximum	Chute dép. 30 mm
					mm	
Décembre 1917. .	13 jours (3-15)	4 jours (29 nov.-2 déc.)	2 jours	1 jours	6.7 le 16	—
Janvier 1918 . . .	9 » (28 déc.-6 janv.)	4 » (7-10)	3 »	2 »	14.5 le 7	—
Février	20 » (24 janv.-12 fév.)	4 » (27 fév.-2 mars)	3 »	1 »	8.7 le 28	—
Mars	16 » (3-18)	6 » (28 mars-2 avril)	2 »	2 »	10.5 le 30	—
Avril	5 » (23-27)	5 » (18-22)	2 »	1 »	19.6 le 18	—
Mai.	19 » (22 mai-9 juin)	4 » (11-14)	2 »	0 »	4.3 le 14	—
Juin.	3 » (23-25)	4 » (19-22)	4 »	3 »	57.4 le 15	1
Juillet	8 » (15-22)	3 » (8-10, 26-28)	2 »	1 »	33.5 le 10	1
Août	17 » (7-23)	4 » (1-4)	2 »	0 »	13.8 le 24	—
Septembre	6 » (13-18).	8 » (5-12)	1 »	0 »	52.8 le 23	1
Octobre.	8 » (25 oct.-1 nov.)	6 » (11-16)	4 »	0 »	24.2 le 24	—
Novembre	15 » (10-24)	6 » (25-30)	5 »	3 »	14.8 le 29	—
Décembre	6 » (1-6)	9 » (16-24)	6 »	5 »	29.5 le 18	—
Année météorol. .	20 jours (24 janv.-12 fév.)	8 jours (5-12 septembre)	32 jours	14 jours	57.4 le 15 juin	3
» civile. . . .	»	9 » (16-24 décembre)	36 »	18 »	»	3

XXVI. Violentes averses, Genève, 1918.

Date 1918		mm	minutes	mm par min.
Juin	10	4	20	0.2
»	15	6	10	0.6
»	16	6	10	0.6
»	27	4	20	0.2
Juillet	10	7	5	1.4
»	»	5	7	0.7
Août	24	4	20	0.2
Septembre	5	3	10	0.3
»	6	5	10	0.5
»	9	5	25	0 2
»	10	5	25	0.2
Octobre	24	5	25	0.2

XXVII. GENÈVE, 1918.

Période	Durée relative de la pluie	Nombre moyen d'heures par jour	Eau tombée dans 1 heure
		h	mm
Décembre 1917 . .	0.052	6.50	**0.33**
Janvier 1918. . . .	0.105	7.09	0.66
Février	**0.030**	5.00	**0 50**
Mars	0.103	**8.56**	0.61
Avril	0.156	7.00	0.94
Mai	0.036	**3.86**	0.64
Juin	0.140	7.77	1.53
Juillet	0.048	4.00	**1.80**
Août.	0.042	4.43	1.07
Septembre.	**0.160**	7.19	1.56
Octobre	0.086	6.40	0.95
Novembre	0.094	5.23	1.13
Décembre	**0 203**	7.55	1.02
Hiver	0 063	6.52	0.54
Printemps	0.098	6.75	0.79
Été	0.076	5.79	1.51
Automne.	0.113	6.33	1.29
Année météorol. .	0.088	6.35	1.06
» civile	0.100	6.52	1.09

les quatre stations du Val d'Entremont. Nous adressons nos sincères remerciements aux observateurs qui nous transmettent leurs observations.

Le *tableau XXX* contient à la fois le relevé des *jours d'orage* et des *jours de brouillard* à Genève et forme ainsi le passage au dernier paragraphe.

XXVIII. Stations pluviométriques du canton de GENÈVE, 1918.

Station : Altitude : Observat. : MM.	Céligny 424 m Esquivillon	Collex 440 m A. Chappuis	Chambésy 433 m L. Perrot	Châtelaine 425 m Ch. Platel	Satigny 465 m H. Chevallaz	Athenaz 428 m E. Garcel	Compesières 478 m B. Babel	Veyrier 423 m B. Babel	Genève 406 m Observatoire	Cologny 450 m H. Noll	Jussy 470 m J. Micheli	Hermance 380 m Ch. Nyauld
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Décem. 1917.	21.6	18.6	18.8	17.8	19.6	19.3	**9.8**	**9.9**	13.0	12 0	11.1	14.8
Janvier 1918.	91.3	80.3	68.9	69.4	74.1	72.6	47.4	45.6	51.3	43.0	39.6	61.7
Février . . .	**16.1**	**11.3**	**12.3**	**11 0**	**12 0**	**12.3**	**13.7**	**12.9**	**10.0**	**8.1**	**(10.0)**	**9.2**
Mars.	63.3	60.6	57.8	58.6	70.4	66.4	48.2	40.5	47.0	46.8	53.5	53.2
Avril.	112.4	(110.0)	112.2	99.0	105.6	97.5	95.2	107.4	105.8	103.5	122.1	113.3
Mai	19.0	(19.0)	19.1	17.0	15.1	16.5	22.0	13.2	17.3	18.6	18.4	15.4
Juin	154.9	146.7	142.5	147.0	129.5	141.2	131.5	148.4	155.0	157.3	190.0	135.7
Juillet	56.4	57.0	75.0	68.5	50.2	46.9	50.1	54.0	64.7	53.3	57.9	68.0
Août	52.9	39.8	43.6	38.1	67.1	39 8	33.6	35.4	33.3	31.5	36.6	35.0
Septembre. .	**187.5**	**184.9**	**165.6**	**151.2**	**154.0**	**146.9**	**175.3**	**195.7**	**179.9**	**162.1**	**195.2**	**190.9**
Octobre . . .	55.9	53.1	46.4	49.2	50.4	51.8	55.5	52.0	60.8	49.6	65.4	49.5
Novembre . .	98.4	85.5	73.1	74.3	85.8	72.3	68 0	65.2	76.7	64.8	71.4	63.1
Décembre . .	**227.4**	**196.8**	**169.2**	136.5	**239.2**	**226.1**	114.0	123.1	154.3	137.2	148.9	**169.5**
Hiver	129.0	110.2	100.0	98.2	105.7	104.2	70.9	68.4	74.3	63.1	(60.7)	85.7
Printemps. .	194.7	(189 6)	189.1	174.6	191.1	180.4	165.4	161.1	170.1	168.9	194.0	181.9
Été.	264.2	243.5	261.1	253.6	246.8	227.9	215.2	237.8	253.0	242.1	284.5	238.7
Automne. . .	341.8	323.5	285.1	274.7	290.2	271.0	298 8	312 9	317.4	276.5	332.0	303.5
An. météor. .	929.7	866.8	835.3	801.1	833.8	783.5	750.3	780.2	814.8	750.6	871.2	809.8
» civile. . .	1135.5	1045.0	985.7	919.8	1053 4	990.3	854.5	893.4	956.1	875.8	1009.0	964.5

XXIX. Stations pluviométriques du val d'Entremont, 1918.

Station Altitude Période	Martigny 474m		Orsières 900m		Bg.-St-Pierre 1630m		Gd. St-Bernard 2476m	
	pluie	neige	pluie	neige	pluie	neige	pluie	neige
	mm	cm	mm	cm	mm	cm	mm	cm
Décembre 1917	14.1	16	24.2	31	36 7	44	87.1	146
Janvier 1918. .	76.3	27	54.2	45	51.0	28	118.8	177
Février	**5.4**	0	**0.0**	0	**4.1**	6	**29.5**	43
Mars.	54.8	34	62 2	**64**	64.1	108	92.4	167
Avril.	43.6	0	54.0	28	113.9	**118**	175.5	**192**
Mai	14.7	0	16 8	0	20.6	0	53.6	10
Juin	93.3	0	115 3	0	125.3	0	**193.1**	57
Juillet	47.3	0	34.8	0	37.5	0	65.4	9
Août.	53.0	0	49.3	0	64.4	0	74.9	18
Septembre . .	**186.5**	0	**134.2**	0	**147 4**	0	174.5	**8**
Octobre	31.0	0	55.9	0	96.8	24	161.4	94
Novembre. . .	33 3	0	27.9	25	49.3	46	144.5	163
Décembre . . .	**273.9**	18	99.9	50	**148.5**	103	**300.1**	**363**
Hiver	95.8	43	78.4	76	91.8	78	235.4	366
Printemps. . .	113.1	34	133.0	92	198 6	226	321.5	369
Été	193.6	0	199.4	0	227.2	0	333.4	84
Automne . . .	250.8	0	218.0	25	293.5	70	480.4	265
Année météor.	653.3	77	628.8	193	811.1	374	1370.7	1084
» civile. .	913.1	79	704.5	212	922.9	433	1583.7	1301

VII. — Nébulosité et VIII. — Durée d'insolation.

Il résulte du *tableau XXXI* que rarement le chiffre de la nébulosité moyenne annuelle n'a été aussi faible à Genève. Il est même inférieur, pour l'année météorologique, à celui du Grand Saint-Bernard. Seul le mois d'avril présente, aux deux stations, un écart de nébulosité positif important. Neuf mois sur douze ont d'ailleurs des écarts négatifs dont plusieurs très élevés.

Relevons au *tableau XXX* que le nombre de jours de brouillard est supérieur à ceux des années précédentes ; mais cela n'atteint que les chiffres de l'hiver et n'affecte que peu les durées d'insolation.

Tableaux XXXII-XXXIV. — L'insolation totale est forte. Elle ne constitue pourtant pas un record, lequel est toujours

XXX. Orages. GENÈVE, 1918. — Brouillard.

	Jours de tonnerre	Jours d'éclairs sans tonnerre	Grêle	Brouillard tout le jour	Brouillard une partie de la journée	Nombre total de jours
Décembre 1917 . .	—	—	—	1	4	5
Janvier 1918	—	—	—	5	4	9
Février	—	—	—	0	6	6
Mars	—	—	—	0	0	0
Avril	1	1	—	0	0	0
Mai.	4	1	—	0	0	0
Juin	2	—	1 le 15	0	0	0
Juillet	3	1	1 le 10	0	0	0
Août	4	1	—	0	0	0
Septembre	5	1	—	0	0	0
Octobre	—	—		0	1	1
Novembre	—	—	—	0	6	6
Décembre	—	—	—	0	8	8
Année météor. . .	19	5	2	6	21	27
Année civile	19	5	2	5	25	30

XXXI. Nébulosité. 1918.

Période	Genève						Saint-Bernard					
	Jours clairs	Jours peu nuag.	Jours très nuag.	Jours cou-verts	Nébu-losité moy.	Ecart	Jours clairs	Jours peu nuag.	Jours très nuag.	Jours cou-verts	Nébu-losité moy.	Ecart
Déc. 1917.	4	6	4	17	7.0	-1.3	11	3	6	11	5.3	+0.8
Janv. 1918	5	4	6	16	6.9	-1.0	14	3	3	11	4.8	-0.2
Fév. . .	9	8	1	10	4.9	-1.8	20	3	1	4	**2.3**	**-3.0**
Mars . .	15	8	2	6	3.5	**-2.6**	11	5	8	7	4.5	-1.4
Avril . .	2	7	5	16	7.0	**+1.2**	3	2	4	21	**8.0**	**+1.3**
Mai. . .	14	9	5	3	3.6	-2.2	9	5	5	12	5.4	-1.5
Juin . .	13	8	1	8	3.8	-1.6	9	6	2	13	5.7	-0.8
Juillet .	16	9	2	4	3.0	-1.4	9	6	7	9	5.1	-0.4
Août . .	17	8	2	4	**2.9**	-1.8	10	10	5	6	4.5	-1.3
Sept. .	9	7	4	10	5.3	+0.4	8	5	9	8	5.4	-0.4
Oct. . .	8	8	2	13	5.4	-1.5	7	2	4	18	6.6	+0.5
Nov. . .	0	4	3	23	**8.2**	+0.3	12	4	3	11	5.0	-0.4
Déc. . .	2	3	4	22	7.9	-0.4	11	6	4	10	5.1	+0.6
Hiver .	18	18	11	43	6.3	-1.4	45	9	10	26	4.2	-0.7
Print. .	31	24	12	25	4.6	-1.3	23	12	17	40	5.9	-0.6
Été . .	46	25	5	16	3.2	-1.6	28	22	14	28	5.1	-0.8
Autom.	17	19	9	46	6.3	-0.3	27	11	16	37	5.7	-0.1
An. mét.	112	86	37	130	5.1	-1.1	123	54	57	131	5.2	-0.6
» civ.	110	83	37	135	5.2	-1.0	123	57	55	130	5.2	-0.6

XXXII. Marche diurne de la durée d'insolation. GENÈVE, 1918 (Ancien héliographe).

Période	Matin								Soir								Durée d'insolation	Moyenne diurne
	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20		
	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
Déc. 1917 .	—	—	—	—	0.1	0.9	4.2	5.7	6.5	7.9	8.5	2.7	—	—	—	—	36.5	1.18
Janv. 1918 .	—	—	—	—	1.2	4.1	7.5	8.4	8.8	8.0	7.4	2.5	—	—	—	—	47.9	1.55
Février. . .	—	—	—	—	4.2	11.2	13.6	14.5	15.4	15.7	15.8	13.4	6.5	—	—	—	110.3	3.94
Mars	—	—	0.4	9.5	17.9	23.0	22.3	23.0	22.5	22.9	22.4	19.7	18.4	2.8	—	—	204.8	6.61
Avril	—	—	2.5	5.2	8.1	9.4	11.1	13.1	12.7	11.8	12.7	12.5	9.5	5.6	0.8	—	115.0	3.83
Mai	—	3.3	15.8	19.3	20.8	23.7	24.5	24.4	23.7	22.5	21.4	18.1	18.5	17.8	8.5	—	262.3	8.46
Juin.	—	6.9	16.6	16.8	17.7	20.1	21.9	21.7	20.8	19.5	20.4	20.7	19.8	19.0	9.9	—	251.8	8.39
Juillet . . .	0.1	7.8	19.8	20.4	21.2	23.3	23.8	24.3	24.5	26.5	26.1	24.6	22.9	22.4	13.1	—	**300.8**	**9.70**
Août	—	1.6	18.7	21.2	22.7	23.4	24.4	24.1	25.6	25.5	25.1	24.5	23.2	21.6	4.5	—	286.1	9.23
Septembre.	—	—	2.5	9.3	14.7	15.6	16.6	15.9	15.9	15.6	15.5	14.1	13.5	6.8	—	—	153.0	5.10
Octobre . .	—	—	—	2.7	8.8	10.6	14.2	14.6	17.5	18.2	16.3	16.6	8.9	—	—	—	128.4	4.14
Novembre .	—	—	—	—	0.8	1.1	1.2	3.4	4.6	6.8	6.7	3.3	0.1	—	—	—	**28.0**	**0.93**
Décembre .	—	—	—	—	—	1.1	4.2	4.3	6.1	8.2	9.6	4.0	—	—	—	—	37.5	1.21
Hiver. . . .	—	—	—	—	5.5	16.2	25.3	28.6	30.7	31.6	31.7	18.6	6.5	.	—	—	194.7	2.16
Printemps .	—	3.3	18.7	34.0	46.8	56.1	57.9	60.5	58.9	57.2	56.5	50.3	46.4	26.2	9.3	—	582.1	6.33
Été	0.1	16.3	55.1	58.4	61.6	66.8	70.1	70.1	70.9	71.5	71.6	69.8	65.9	63.0	27.5	—	838.7	9.12
Automne. .	—	—	2.5	12.0	21.3	27.3	32.0	33.9	38.0	40.6	38.5	34.0	22.5	6.8	—	—	309.4	3.40
Année mét.	0.1	19.6	76.3	104.4	135.2	166.4	185.3	193.1	198.5	200.9	198.3	172.7	141.3	96.0	36.8	—	1924.9	5.27
» civ.	0.1	19.6	76.3	104.4	135.1	166.6	185.3	191.7	198.1	201.2	199.4	174.0	141.3	96.0	36.8	—	1925.9	5.28

XXXIII. Marche diurne de la durée d'insolation. GENÈVE, 1918 (Nouvel héliographe).

Période	Matin								Soir								Durée d'insolation	Moyenne diurne
	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20		
	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
Déc. 1917 .	—	—	—	—	1.5	3.6	5.8	8.2	8.6	10.5	11.7	6.8	0.5	—	—	—	57.2	1.85
Janv. 1918 .	—	—	—	0.1	4.7	6.6	8.0	10.0	10.0	8.8	8.9	4.5	0 1	—	—	—	61.7	1.99
Février . . .	—	—	—	—	6.0	13.1	14.5	14.7	16.0	16.3	16.3	13.8	9.4	0.2	—	—	120.3	4.30
Mars	—	—	2.4	10.6	20.3	23.3	22.3	24.2	23.2	23.3	23.1	21.2	20 3	7.1	—	—	221.3	7.14
Avril	—	1.1	4.3	5 8	8.9	10.9	11.7	14.4	14.1	13.2	13.5	14.2	12.0	6.8	2.0	—	132 9	4.43
Mai	0.2	13.3	19.3	20.5	22.8	25.2	25.5	25.4	25.5	24.2	23.1	20.2	19.6	20.3	17.5	2.3	304.9	9 84
Juin.	1.7	15.9	19.0	18.2	19.1	20.9	22.0	22.2	21.6	21.1	20.6	20.6	20.8	20.5	19.6	6.5	290 3	9.68
Juillet . . .	1.8	17.0	21.8	22.2	22.5	24.5	25.0	25.0	25.2	27.3	27.3	26.1	23.3	24.0	22 4	5.2	**340.6**	**10.99**
Août	—	7.4	21.3	22.7	24.4	25.1	25.4	24.6	25.8	26.5	25.0	26.0	25.3	23.4	16 3	1.0	320.2	10.33
Septembre .	—	0.4	6.5	11.1	13.9	17.2	17.5	16.1	16.8	17.1	17.0	15.5	14.0	11.2	2.6	—	176.9	5.90
Octobre . .	—	—	0.4	4.8	9.8	12.1	15.7	15.8	18.1	18.9	17.5	17.4	13.1	1.8	—	—	145 4	4 69
Novembre .	—	—	—	—	1.4	2.5	1.6	3.6	5.3	7.1	7.8	5.2	0.6	—	—	—	**35.1**	**1 17**
Décembre .	—	—	—	—	0.4	2.0	5.1	4.5	5.7	9.1	10.5	7.3	—	—	—	—	44.6	1.44
Hiver	—	—	—	0.1	12.2	23.3	28.3	32.9	34.6	35.6	36.9	25.1	10.0	0.2	—	—	239 2	2.66
Printemps .	0.2	14.4	26.0	36.9	52.0	59.4	59.5	64.0	62.8	60.7	59.7	55.6	51.9	34.2	19 5	2.3	659 1	7.16
Été	3.5	40.3	62.1	63.1	66.0	70.5	72.4	71.8	72.6	74.9	72.9	72.7	69.4	67.9	58.3	12 7	951.1	10.34
Automne . .	—	0.4	6.9	15.9	25.1	31.8	34.8	35.5	40.2	43.1	42.3	38.1	27.7	13.0	2.6	—	357.4	3.93
Année mét.	3.7	55.1	95.0	116.0	155.3	185.0	195.0	204.2	210.2	214.3	211.8	191.5	159.0	115.3	80.4	15.0	2206.8	6.05
» civ. .	3.7	55.1	95.0	116.0	154.2	183.4	194.3	200.5	207.3	212.9	210.6	192.0	158.5	115.3	80.4	15.0	2194.2	6.01

XXXIV. Durée d'insolation avant et après midi. GENÈVE, 1918.

Période	Matin		Soir		Différence Soir — Matin			
	Nomb. d'heures		Nomb. d'heures		Nomb. d'heures		%	
	Anc. H.	Nv. H.	Anc. H.	Nv. H.	Anc. H.	Nv. H.	Anc. H.	Nv. H.
Déc. 1917 . .	10.9	19.1	25.6	38.1	14.7	19.0	40.3	33.2
Janvier 1918.	21.2	29.4	26 7	32.3	5.5	2.9	11.5	4 7
Février. . . .	43.5	48.3	66.8	72.0	23.3	23.7	21.1	19.7
Mars	96.1	103.1	108.7	118 2	12.6	15.1	6.2	6.8
Avril	49 4	57.1	65.6	75.8	16.2	18.7	14.1	14.1
Mai	131.8	152.2	130.5	152.7	**- 1.3**	**0.5**	**- 0.5**	**0.2**
Juin.	121.7	139.0	130.1	151 3	8.4	12.3	3.3	4.2
Juillet	140.7	159.8	160.1	180.8	19.4	21.0	6.4	6.2
Août	136.1	150.9	150.0	169.3	13 9	18.4	4.9	5.7
Septembre. .	71.6	82.7	81.4	94.2	9.8	11.5	6.4	6.5
Octobre . . .	50.9	58.6	77.5	86.8	**26.6**	**28.2**	20.7	19.4
Novembre . .	6 5	9 1	21 5	26.0	15.0	16.9	**53.6**	**48.2**
Décembre . .	9.6	12.0	27.9	32 6	18.3	20.6	48.8	46.2
Hiver.	75.6	96.8	119 1	142.4	43.5	45.6	22.3	19.1
Printemps . .	277.3	312.4	304.8	346.7	27.5	34.3	4.7	5.2
Été	398.5	449.7	440.2	501.4	41.7	51.7	5.0	5.4
Automne. . .	129.0	150 4	180.4	207.0	51.4	56 6	16.6	15.8
Année météor.	880.4	1009.3	1044.5	1197 5	164.1	188.2	8.5	8.5
» civile. .	879.1	1002.2	1046.8	1192.0	167.7	189 8	8.7	8.7

détenu par la belle année 1911, avec 2010ʰ à l'ancien et 2286ʰ au nouvel héliographe. Le total de 1918 est aussi inférieur à ceux de 1899 et de 1906 (1985ʰ et 1966ʰ). Mais, venant après une série d'années pluvieuses et nuageuses, 1918 n'en est pas moins remarquablement ensoleillée.

La différence entre les deux héliographes comporte 282ʰ dans l'année. Ce chiffre est un peu supérieur à celui des quatre années antérieures, mais il est du même ordre, et reste bien en dessous de la différence de sensibilité des deux appareils en 1912 et 1913. Cette sensibibilité relative reste donc à peu près constante depuis cinq ans.

COMPTE RENDU DE LA SÉANCE

DE LA

SOCIÉTÉ SUISSE DE PHYSIQUE

tenue à Lugano, le 8 septembre 1919.

Président : M. le Prof.-Dr P. Gruner (Berne).
Vice-Président : M. le Prof. Dr Jaquerod (Neuchâtel).
Secrétaire-trésorier : M. le Dr Ed. Guillaume (Berne).

Partie administrative. — F. Borrini. *a)* Emploi des tuyaux sonores pour la détermination du nombre de vibrations d'un son quelconque ; *b)* Phénomènes électriques produits par l'ébonite préalablement frottée avec de la chaux vive. — Edg. Meyer. Influence d'un champ magnétique transversal sur le potentiel d'étincelle. — K.-W. Meissner. Expérience sur la théorie des images d'Abbe. — R. Bär. Nouvelles expériences pour déterminer la densité des particules ultra-microscopiques. — F. Luchsinger. Sur une anomalie photo-électrique de la paraffine. — P. Epstein. Extension de la théorie des quanta aux mouvements quelconques. — V.-F. Hess. Une nouvelle espèce de vent électrique. — A. Piccard. *a)* Une proposition pour la nomenclature des corps radioactifs ; *b)* Déformation élastique, adiabatique et isotherme. — A. Piccard et K. Backhaus. Un dilatomètre. — J. Brentano. Sur un dispositif pour l'analyse spectrographique par les rayons Röntgen de la structure des substances à l'état de particules désordonnées.

Partie administrative. — M. le prof. Gruner ouvre la séance à 8 $^1/_2$ heures; sur sa proposition, la présidence de la réunion est confiée à M. le prof. Borrini, et M. Bär, remplace le secrétaire absent. L'assemblée approuve la transformation de la Société, qui constituait jusqu'alors une « section permanente » de la Société helvétique des sciences naturelles, en *Société affiliée* à celle-ci, et le § 21 des statuts est modifié en conséquence ; en outre, l'assemblée approuve l'adjonction d'un § 7 aux statuts, suivant lequel la Société nomme, sur

la proposition du comité, pour la durée de six ans, le délégué et son suppléant près le Sénat de la S. H. S. N. Pour les trois années suivantes, soit jusqu'à fin 1922, la Société élit comme délégué M. le prof. Ch.-Eug. GUYE (Genève) et comme suppléant M. le prof. Aug. HAGENBACH (Bâle).

F. BORRINI (Lugano). — a) *Emploi des tuyaux sonores pour la détermination du nombre de vibrations d'un son quelconque.*

Si, à l'embouchure d'un tuyau fermé ou ouvert, on place un corps vibrant, par exemple un diapason, le son produit par ce corps subit un renforcement, c'est-à-dire une augmentation d'intensité. Et si la longueur du tuyau peut varier, on sait qu'on obtient le maximum d'intensité lorsque l'air vibre dans le tuyau à l'unisson avec le corps, ce qui devrait arriver lorsque le tuyau a une longueur L donnée par la formule

$$L = \frac{v}{4N},$$

pour un tuyau fermé, ou par la formule

$$L = \frac{v}{2N}$$

pour un tuyau ouvert.

Dans ces formules, L représente la longueur que le tuyau devrait avoir, v, la vitesse de propagation du son dans l'air à la température de l'expérience et N le nombre des vibrations complètes de l'air par seconde, lorsque le tuyau donne la note fondamentale, c'est-à-dire la note la plus grave qu'il peut donner. Mais l'expérience nous montre que cette longueur est toujours un peu plus grande que la longueur L du tuyau. Cela tient à ce que, pour déduire les formules, on a admis qu'à l'embouchure du tuyau fermé, ou aux deux embouchures du tuyau ouvert, se produisent des ventres quand l'air vibre, alors qu'effectivement ils se produisent à une petite distance de l'embouchure ou des embouchures du tuyau. Par tâtonnements, il n'est pas difficile de déterminer expérimentalement la vraie position que le diapason doit occuper pour que le renforcement du son soit maximum. On le dispose avec les branches perpendiculaires à l'axe du tuyau, l'une au-dessus de l'autre, et à une distance de quelques centimètres du tuyau, après avoir déterminé par tâtonnements et avec une certaine approximation la longueur que le tuyau doit avoir pour que le renforcement du son soit à peu près maximum. On approche alors le diapason

du tuyau, on règle de nouveau peu à peu la longueur du tuyau par de petits allongements ou raccourcissements jusqu'au moment où l'on arrive à trouver la position vraie que le diapason doit occuper pour que le renforcement du son soit maximum. Je me suis proposé de rechercher la relation qui existe entre la distance du diapason au tuyau, trouvée par l'expérience, et la même distance déduite par le calcul. J'ai expérimenté avec deux diapasons sur des tuyaux fermés et sur des tuyaux ouverts. Voici les résultats obtenus :

I. *Diapason* A (la_3 = 435 vibrations complètes par seconde), *avec tuyau ouvert.*

$$L - l = 0{,}396 \text{ m} - 0{,}340 \text{ m} = 0{,}056 \text{ m}$$

Distance mesurée entre le diapason et le tuyau = 0,025 m.

II. *Diapason* A *avec tuyau fermé.*

$$L - l = 0{,}198 \text{ m} - 0{,}176 \text{ m} = 0{,}022 \text{ m}$$

Distance mesurée = 0,023 m.

III. *Diapason* B (la_3 = 426 $^2/_3$ v. c. par seconde) *avec tuyau ouvert.*

$$L - l = 0{,}047 \text{ m}$$

Distance mesurée = 0,023 m.

IV. *Diapason* B *avec tuyau fermé.*

$$L - l = 0{,}202 \text{ m} - 0{,}181 \text{ m} = 0{,}021 \text{ m}$$

Distance mesurée = 0,021 m.

Ce petit tableau nous montre que pour les tuyaux fermés $L - l$, calculée est égal à $L - l$ mesurée, et que pour les tuyaux ouverts $L - l$ mesurée est toujours à peu près la moitié de $L - l$ calculée ; cela prouve que les perturbations se produisent aux deux extrémités des tuyaux fermés.

b) *Phénomènes électriques produits par l'ébonite préalablement frottée avec de la chaux vive.*

Un bâton d'ébonite frotté avec un morceau de drap se charge toujours d'électricité négative. Mais si nous le frottons préalablement

avec de la chaux bien sèche, il se charge d'électricité positive lorsqu'on le frotte ensuite avec un morceau de drap.

J'ai frotté avec de la chaux vive la moité d'un bâton d'ébonite, et, tandis que l'autre moitié continuait à se charger négativement lorsqu'on la frottait avec un morceau de drap, la moitié frottée à la chaux se chargeait positivement. J'ai pu ainsi charger en même temps, une partie du bâton d'électricité négative, et l'autre partie d'électricité positive.

La partie du bâton qui avait été frottée avec de la chaux a conservé la propriété de se charger d'électricité positive par le frottement avec un morceau de drap, pendant cinq à six mois; mais après, elle ne donnait plus ni de l'électricité positive ni de l'électricité négative.

Frottée de nouveau avec de la chaux vive, elle reprenait la propriété de se charger d'électricité positive par le frottement avec un morceau de drap.

Edger MEYER (Zurich). — *Influence d'un champ magnétique transversal sur le potentiel d'étincelle.*

Il y a peu de temps (*Ann. d. Phys.*, t. 58, p. 297, 1919) l'auteur a étudié de façon approfondie l'influence d'un champ magnétique transversal sur le potentiel d'étincelle. On parvient au résultat que la théorie de l'ionisation par chocs de Townsend n'est pas en état d'expliquer directement les phénomènes au point de vue quantitatif ou qualitatif. Ainsi, par exemple, l'expérience a montré que la variation du potentiel d'étincelle dans le champ magnétique est une fonction de la section du trajet d'étincelle. On a été amené à supposer que la raison en est la suivante : par le champ magnétique, avec les trajets d'étincelle utilisés, une grande partie des électrons sont projetés contre les parois des anneaux qui limitent la partie homogène du champ électrique, de sorte que ces électrons n'entrent plus en ligne de compte pour l'ionisation par chocs ultérieurs.

Pour contrôler l'exactitude de cette hypothèse, quelques expériences ont été faites. Dans un trajet d'étincelle du modèle Carr, l'une des plaques-électrodes était subdivisée de façon à former deux trajets d'étincelle juxtaposés très voisins. L'électrode non subdivisée était reliée avec une tension exactement réglable. Les deux moitiés de l'électrode subdivisée étaient reliées à la terre avec interposition de deux galvanomètres. A l'aide d'une petite contre-tension (4 à 10 volts) on pouvait faire jaillir l'étincelle vers l'une ou l'autre des moitiés. On observa la même variation du potentiel d'étincelle que lors d'une variation de section. Par conséquent, la surface en forme d'anneau de garde, qui

limitait le trajet d'étincelle, se comportait de la même façon que les parois des anneaux isolants du système Carr.

On pouvait mettre en évidence, à l'aide d'un galvanomètre, les électrons qui étaient projetés latéralement par le champ magnétique transversal dans le trajet d'étincelle parallèle. Par ces expériences, l'hypothèse énoncée plus haut est rendue très vraisemblable. Elles seront publiées ailleurs avec plus de détails.

Karl W. Meissner (Zurich). — *Expériences sur la théorie de la formation des images d'Abbe.*

Comme on sait, la théorie d'Abbe de la formation des images dans le microscope donne lieu à une expérience simple qui peut être exécutée commodément à l'aide de l'appareil de diffraction d'Abbe, construit par Zeiss à Iéna. Si l'on diaphragme partiellement les images d'interférence qui se forment dans le plan focal postérieur de l'objectif (spectre de diffraction) et si on les exclut ainsi de la formation des images, l'image microscopique observée peut être très sensiblement influencée. Au cas où, d'après Abbe, l'image microscopique est produite à l'aide des interférences des ondes émises par les images de diffraction, cette image microscopique variera d'une façon qui pourra être prévue, pourvu que l'on ait soin de donner aux ondes émises par les images de diffraction une autre différence de marche que dans le cas normal. Ceci peut être réalisé effectivement en intercalant dans le trajet des rayons diffractés des plaques minces de verre ou de mica d'épaisseur convenable. Ces expériences seront publiées ailleurs avec les calculs détaillés.

R. Bär (Zurich). — *Nouvelles expériences pour déterminer la densité de particules ultra-microscopiques.*

Ce travail fera l'objet d'une publication ultérieure.

F. Luchsinger (Zurich). — *Sur une anomalie photo-électrique de la paraffine.*

Des particules de paraffine, obtenues par pulvérisation de la substance fondue, présentent une masse constante lorsqu'on les examine dans un condensateur de Millikan. En recevant des gouttelettes isolées sur un porte-objet, on peut les examiner au microscope par transparence pour étudier leurs formes. Seules, de très grosses particules présentaient de grandes différences avec la forme sphérique, tandis que les plus petites sont sphériques. Dans l'ultracondensateur on put

observer des particules de l'ordre de grandeur $7 . 10^{-5}$ et $2,8 . 10^{-4}$. De grands écarts de la forme sphérique se manifestaient par un scintillement de la lumière diffractée, et on n'utilisa que des particules dont la lumière était stable. Pour déterminer le poids spécifique des gouttelettes mêmes, on procéda d'après une méthode développée par R. Bär, méthode qui permet, en admettant la loi de résistance de Stokes-Cunningham et en supposant la forme sphérique, de calculer le rayon sans connaître la densité. Celle-ci peut alors être déterminée à l'aide du rayon ainsi obtenu. Quant à la valeur numérique de la constante B (dans la notation de M. Bär), qui entre dans la formule de Stokes-Cunningham, et dont la grandeur dépend de l'hypothèse faite sur les chocs des molécules gazeuses contre la surface des particules, on a pris d'après M. C. Keehan, la valeur

$$B = 7,5 . 10^{-3}$$

que cet observateur a trouvée expérimentalement pour des petites sphères de cire dans l'air. Les densités calculées d'après la méthode indiquée ne donnèrent dans aucun cas la valeur exacte correspondant à celle de la substance (0,91), mais en général des nombres trop grands de l'ordre de grandeur de 1,24 à 1,36. Des valeurs inférieures à la densité normale ne furent constatées qu'une seule fois sur 12 particules. De ce résultat et en particulier du fait que les valeurs calculées ne se présentent que dans l'intervalle indiqué, on peut admettre comme probable que ces écarts ne sont pas dus à un manque d'homogénéité des particules, mais à une valeur trop faible de la constante B. On est par conséquent porté à conclure que les particules possèdent en réalité la densité de la substance compacte ; il est alors possible, en supposant connu le poids spécifique de la paraffine, de calculer la constante B. On obtient par ce procédé :

$$B = 11,20 . 10^{-3} .$$

Le phénomène provoqué par un éclairage ultra-violet dans le condensateur, consistait en ce que les particules de paraffine n'étaient pas attirées par le plateau négatif du condensateur, comme des particules métalliques, mais qu'au contraire il y avait déplacement vers le plateau positif. Cela signifie que la particule même prend une plus forte charge négative, ce qui ne peut être expliqué que par une perte d'électricité positive. Une orientation différente de la source ultraviolette, telle que les rayons rasaient tantôt la plaque supérieure, tantôt la plaque inférieure du condensateur, resta sans influence. Il est ainsi prouvé que l'effet observé n'est pas provoqué par une émission d'électrons par les plateaux du condensateur et par l'ionisation

de l'air. Des expériences de contrôle à l'aide de particules métalliques présentaient très rarement une charge négative, pouvant provenir des photos-ions du condensateur, même lorsque ceux-ci étaient fortement éclairés. De plus amples recherches sur les origines de cet effet anormal montrèrent que certaines conditions devaient être remplies. Ainsi, il n'était pas possible au début de l'observer sur de la paraffine pure, mais seulement lorsque celle-ci avait été chauffée un certain temps et avait pris une teinte jaunâtre. Des essais avec différents vaporisateurs en verre, mirent en évidence une influence considérable. L'auteur se réserve toutefois d'établir par des expériences ultérieures si c'est la nature du verre (constante diélectrique ?) ou si c'est la section et la forme de la tuyère du vaporisateur qui joue un rôle prépondérant. La mesure du retard d'influence des rayons ultra-violets conduisit au résultat que ce retard, toutes choses égales d'ailleurs, diminue avec la pression comme pour un effet photoélectrique normal, et que, par contre, il croît avec une charge négative croissante. Ceci prouve que l'effet se produit sur la particule même. De plus, on peut mettre en évidence le fait que le potentiel d'équilibre s'exprime en nombres entiers, ce qui permit de calculer la grandeur du quantum élémentaire d'électricité. En partant de la valeur calculée précédemment pour la constante B, basée sur la même densité que la paraffine compacte, on trouve pour le quantum élémentaire électrique la charge :

$$e = 4{,}60 \quad \text{U.E.S.}$$

La précision de ces mesures peut encore être augmentée lorsqu'on travaille avec de très petites particules et de faibles charges, et qu'on obtient ainsi de plus petits multiples. Le fait que les valeurs ainsi calculées pour le quantum élémentaire sont très rapprochées de la valeur exacte, confirme notre hypothèse de la forme sphérique des particules et de la densité égale à celle de la substance compacte.

En ce qui concerne l'effet anormal de la paraffine, on peut dire seulement pour l'instant qu'il est une propriété des particules. et que les variations de charges ont lieu suivant les multiples entiers. Des expériences ultérieures sur ce phénomène singulier auront pour but d'éclairer le mécanisme de cette séparation apparente d'électricité positive, analogue à l'émission d'électrons dans le phénomène photoélectrique normal.

P. Epstein (Zurich). — *Extension de la théorie des quanta aux mouvements quelconques.*

L'auteur ne nous a pas fait parvenir le texte de sa communication.

Victor F. Hess (Vienne). — *Une nouvelle espèce de vent électrique.*

On sait que lorsqu'un vent électrique est produit par des pointes, les ions de même nom engendrent à quelque distance de la pointe un courant d'air dirigé dans un sens déterminé. Semblablement, lorsqu'il y a ionisation par des substances radioactives ou des rayons Röntgen, particulièrement lorsque dans un condensateur il y a une variation de densité d'ionisation, on peut mettre en évidence des courants d'air considérables. Ce phénomène, qui a été observé qualitativement par Zeleny pour les rayons Röntgen et par Ratner pour les rayons Becquerel, peut être qualifié de vent d'ionisation, puisque le déplacement de l'air est dû à un entraînement des ions en mouvement. Le vent d'ionisation peut aussi être mis en évidence lors d'une ionisation parfaitement uniforme, car l'effet d'entraînement des ions positifs sur l'air l'emporte sur celui des ions négatifs. Pour mesurer la pression du vent d'ionisation, on se servait d'une balance de torsion très sensible, en connexion avec un condensateur à plateaux circulaires, sur l'un des plateaux duquel était agencée la source de rayons, tandis que l'autre plateau portait en son centre une ouverture circulaire recouverte d'un treillis; les particules d'air passaient à travers ce treillis, ce qui provoquait une petite déviation de la balance de torsion, pouvant être facilement mesurée à l'aide d'une lunette et d'une échelle graduée. Cet appareil présente différents perfectionnements sur le dispositif de S. Ratner.

On observa tout d'abord que la pression du vent dépend d'une façon très compliquée de la tension utilisée. Lors d'une chute de tension uniforme entre les plateaux, elle varie presque linéairement avec la distance des plateaux.

On a posé les bases d'une théorie du vent d'ionisation et l'on a indiqué une formule d'après laquelle la pression du vent observé est exprimée en fonction de l'intensité d'ionisation, de l'intensité du champ et de la différence de trajet moyen parcouru par les deux espèces d'ions Pour une intensité donnée de la source d'ionisation, la pression du vent tend vers une valeur maximum, lorsqu'on augmente l'intensité du champ (vent de saturation). On développe une méthode à l'aide de laquelle on peut déterminer la mobilité des ions en mesurant la pression du vent lors d'une ionisation superficielle. La relation entre la pression du vent d'ionisation et la tension, fut étudiée pour des tensions jusqu'à 6000 volts. Les courbes d'ionisation par les rayons β et γ ne présentent pas une pente plus rapide que celles de l'ionisation par les rayons α. Lorsque le vent est provoqué par des ions négatifs, — c'est-à-dire lorsque la plaque portant la source de rayons est chargée négativement, — pour de grandes intensités de champ, la pression

du vent diminue de nouveau, et finalement c'est le vent de sens contraire, produit par les ions positifs, qui l'emporte (pression de vent négative). Ceci provient du fait que la mobilité des ions négatifs croît de façon anormale pour les grandes intensités de champ.

Des petits tubes de radium, fondus de la même façon, peuvent être comparés approximativement entre eux en mesurant la pression du vent provoqué par les rayons β et γ. La méthode du vent est très appropriée à l'observation des phénomènes de transformation de substances radioactives et à la comparaison de produits riches en rayons α (p. ex. le polonium). On détermina les conditions d'expérience dans lesquelles est garantie la proportionnalité de la pression mesurée aux intensités d'ionisation. Des variations de la teneur en poussière de l'air contenu dans l'appareil engendrent des variations considérables de pression du vent. En étalonnant la balance de torsion en unités absolues on pouvait évaluer la pression du vent en dynes par cm^2, et en déduire la vitesse du vent à l'aide de la formule d'Eiffel. Tant que la pression est proportionnelle à l'intensité du champ, la vitesse des particules d'air entraînées par les ions est environ $1/10^e$ de la vitesse de ceux-ci. Une évaluation numérique des quantités d'énergie montre qu'une petite quantité seulement de l'énergie du champ utilisé pour le déplacement des ions est mise en évidence par la balance de torsion, sous forme d'énergie cinétique de l'air entraîné.

Auguste PICCARD (Zurich). — a) *Une proposition pour la nomenclature des corps radioactifs.*

La nomenclature des corps radioactifs présente, on le sait que trop bien, de nombreux défauts. Aujourd'hui, où les lois de désagrégation sont bien établies, il serait possible d'introduire une nouvelle nomenclature qui, d'une façon tout à fait logique, rendrait compte pour chaque corps de ses caractères principaux. Il faudrait donc que le nom indiquât la famille du corps, c'est-à-dire l'origine de l'atome (Uranium, Thorium et Actinium), puis la pléiade dans laquelle l'atome considéré se trouve (Uranium, Brévium, Thorium, Actinium, Radium, Emanation, Polonium, Bismuth, Plomb, Thallium) et enfin, dans le cas où l'atome passe plusieurs fois par la même pléiade, un numéro d'ordre (1, 2 ou 3). Partant de ces points de vue on arrive à donner les noms et symboles suivants aux 41 corps simples radioactifs (les anciens symboles sont mis entre parenthèses) :

1. *Famille Uranium-Radium :* Uranuranium 1, UU 1 (UI) ; Uranothorium 1, UTh 1 (UX_1) ; Uranobrevium UBv (UX_2 ou Bv) ; Uranuranium 2, UU 2 (UII) ; Uranothorium 2, UTh 2 (Jo) ; Uranoradium, URa (Ra) ; Uranemanation, UEm (RaEm) ; Uranopolonium 1, UPo 1 (RaA) ;

Uranoplomb 1, UPb 1 (RaB); Uranobismuth 1, UBi 1 (RaC_1); Uranopolonium 2, UPo 2 (RaC′); Uranothallium, UTl (RaC_2); Uranoplomb 2, UPb 2 (RaD); Uranobismuth 2, UBi 2 (RaE); Uranopolonium 3, UPo 3 (RaT ou Po); Uranoplomb 3, UPb 3 (RaG).

2. *Famille du Thorium :* Thorothorium 1, ThTh 1 (Th); Thororadium 1, ThRa 1 (MTh_1); Thoractinium, ThAc (MTh_2); Thorothorium 2, ThTh 2 (RdTh); Thororadium 2, ThRa 2 (ThX); Thoremanation, ThEm (ThEm) et ainsi de suite jusqu'à Thoroplomb 2, ThPb 2 (ThD_2).

Famille de l'Actinium : Actinuranium, AcU (AcU ou[1] UI ou UII); Actinothorium 1, AcTh 1 (UY); Actinobrevium, AcBv (Prot. Actinium); Actinactinium, AcAc (Ac); Actinothorium 2, AcTh 2 (RdAc); Actinoradium. AcRa (AcX); Actinemanation, AcEm (AcEm) et ainsi de suite jusqu'à Actinoplomb 2, AcPb 2 (AcD_2).

On voit que les noms proposés sont en général un peu plus longs que les anciens, mais ils permettent même à celui qui ne connaît pas par cœur les séries de désagrégation de se rendre compte immédiatement de quel corps on parle.

b) *Déformation élastique adiabatique et isotherme.*

Une déformation élastique brusque qui produit des changements de longueur d'un corps ou d'une partie d'un corps est accompagnée chez tous les corps, dont le coefficient de dilatation n'est pas zéro, d'un changement de température dont l'effet sera dans tous les cas une diminution de la déformation. Si, au bout d'un certain temps, les températures primaires se rétablissent, on voit la déformation élastique, produite par la force constante, augmenter de quelques pourcents. Si la force déformante cesse brusquement, le corps ne revient que lentement à sa forme primitive. Ce phénomène est souvent confondu avec un défaut d'élasticité (déformation résiduelle, viscosité). Une petite expérience, facile à faire même au cours, met la nature du phénomène bien en évidence: On produit par un poids une faible flexion d'un tube de verre que l'on amplifie par la projection. La déformation retardée est très visible. On répète la même expérience pendant que le tube trempe dans de l'eau. Le retard de la déformation est encore visible, mais la position finale est atteinte beaucoup plus vite parce que l'eau rétablit très vite les températures initiales.

Le problème peut facilement être traité analytiquement au moyen du second théorème. On trouve pour la déformation ultérieure chez l'acier et chez le laiton à peu près 1 pour cent, chez le verre 3 pour

[1] La nature du premier corps de cette famille est encore discutée, voir par exemple PICCARD, *Arch.*, t. 44, p. 162, sept. 1917.

cent, tandis que l'observation faite au cours m'a donné 2,5 pour cent chez un tube de verre.

Le phénomène décrit peut occasionner des erreurs dans certains appareils de mesure qui sont étalonnés statiquement et employés balistiquement, s'ils sont munis d'un ressort à flexion ou d'une corde tendue.

A. Piccard et K. Backhauss. — *Un Dilatomètre.*

Pour une détermination exacte de l'équivalent mécanique de la chaleur les auteurs emploient un thermomètre à gaz de grande sensibilité $\left(\frac{1}{300\,000}\,{}^\circ\mathrm{C}\right)$. Le coefficient de dilatation du récipient (quartz fondu) a dû être déterminé avec précision. Les auteurs ont construit dans ce but un dilatomètre qui amplifie 36,000 fois la dilatation du tube de quartz. Cette amplification est obtenue d'abord par un grossissement mécanique et ensuite par un miroir tournant. Les mesures ont montré que la dilatation du tube de quartz, qui a une longueur de 12 cm, peut être déterminée au $\frac{1}{100\,000}$ mm près, c'est-à-dire que les déplacements du zéro de l'appareil (qui sont la principale cause d'erreurs) n'arrivent que rarement à dépasser la limite indiquée.

Le coefficient de dilatation d'un tube de quartz de Heraeus a été déterminée entre les températures de 17 et 26° C. On a trouvé la valeur $\beta = 0{,}390 \,.\, 10^{-6}$, tandis qu'il résulte des mesures de Chappuis et Scheel, pour le même intervalle de température, $\beta = 0{,}410 \,.\, 10^{-6}$, et des mesures de Scheel et Heuse $\beta = 0{,}435 \,.\, 10^{-6}$.

Les auteurs espèrent donner plus tard une description plus complète du dilatomètre dans les *Archives.*

Le présent travail a été exécuté dans le Laboratoire de Physique de l'Ecole polytechnique de Zurich.

J. Brentano (Zurich). — *Sur un dispositif pour l'analyse spectrographique de la structure des substances à l'état de particules désordonnées par les rayons Röntgen.*

La méthode Debye pour l'examen des spectrogrammes de particules désordonnées a donné de grands résultats, exécutée dans la forme indiquée par Debye et Scherrer. En cherchant à évaluer les intensités relatives des faisceaux de rayons dispersés dans différentes directions, on rencontre cependant quelques difficultés, notamment à cause de l'absorption inégale des différentes parties d'un faisceau. Seeman a exposé cela dans une publication récente [1]. La difficulté

[1] H. Seemann, *Ann. d. Phys.* 59, p. 455-464, 1919.

essentielle provient du fait que les conditions particulières d'absorption de la substance examinée jouent un rôle. C'est pour cette raison que cette perturbation, provenant de l'absorption, ne peut être éliminée d'une façon générale au moyen d'un repère établi entre des noircissements observés et une distribution d'intensité calculée sur la base d'une structure connue, comme c'est le cas pour d'autres perturbations provenant du dispositif. Les effets perturbateurs des couches épaisses sont évités par un dispositif possédant des propriétés focales, dispositif décrit par Seemann à la suite de l'exposé précité. Cependant, comme l'a déjà remarqué Seemann, ce dispositif n'est pas applicable à l'observation de déviations petites par rapport à la direction primitive des rayons. Ceci dépend, en grande partie, d'une circonstance qui, en termes d'optique, peut s'exprimer en disant que, suivant les différents angles, des images de grandeur différente correspondent à la fente utilisée. Un autre point à remarquer, lorsqu'on détermine des intensités relatives avec le dispositif de Seemann, est le suivant : pour un angle de déviation donné, les différentes parties de la surface employée reproduisent la fente par des traits de largeur différente; il s'agit donc d'un effet de superposition de traits dont la largeur varie.

Le dispositif proposé par l'auteur a pour but de faire contribuer, dans les mêmes conditions, chaque domaine de la couche de particules au phénomène de dispersion et de permettre d'arriver à l'observation d'angles de déviation relativement petits.

Les particules forment une couche mince sur la surface intérieure d'un cylindre court par rapport au diamètre (anneau). Il reçoit les rayons Röntgen qui partent d'un point de l'axe. En choisissant un anneau suffisamment étroit, les rayons diffractés se réunissant à un point de l'axe subissent des déviations dont la différence peut être limitée à volonté. L'angle de déviation est déterminé par la position du point d'intersection des rayons par rapport à l'anneau et au point d'origine. Pour enregistrer les différents faisceaux d'une manière bien nette, on peut se servir d'un écran placé perpendiculairement à l'axe de l'anneau, l'écran étant muni d'une petite ouverture à l'endroit où il rencontre l'axe, de façon que les rayons qui s'y réunissent puissent impressionner une plaque photographique placée derrière l'écran. On déplace l'écran d'une façon continue, de manière que la petite ouverture suive toujours l'axe; en même temps la plaque est aussi déplacée, de sorte que, dans chaque position de l'écran, une autre partie de la plaque se trouve exposée. Dans les cas où l'on cherche des conditions optiques simples, il est indiqué de déplacer également l'anneau, de manière que la distance entre l'anneau et le point de départ des rayons, de même que celle entre l'anneau et l'écran, soient égales entre elles dans toutes les positions, comme cela a été décrit dans

une communication antérieure[1]. A titre d'essai on a fait l'examen de quelques structures connues.

Il semble avantageux que la distribution des intensités et le pouvoir dispersif, en tant qu'influencés par le dispositif, soient déterminés suivant des rapports géométriques simples. Par contre cette méthode, à elle seule, ne saurait guère servir à l'étude de la diffraction sous tous les angles jusqu'à 180°; certaines régions angulaires manqueraient.

[1] *Arch. Sc. phys. et nat.*, t. 44, p. 66, 1917.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS D'

OCTOBRE 1919

Le 1, pluie de 7 à 10 h., de 18 à 22 h. et dans la nuit.
2, pluie de 8 à 10 h. et dans la nuit, neige sur le Jura.
3, pluie de 8 h. 40 à 12 h. et de 14 à 15 h., violente bise le soir.
5, rosée le matin.
6, brouillard le matin.
8, rosée le soir.
9, faible rosée le matin, petite pluie à 11 h. 15, violente bise le soir et dans la nuit.
10, bise toute la journée.
12, *première gelée blanche à glace de la saison.*
13, pluie de 7 h. 30 à 10 h. et de 11 à 17 h. 20.
14, petite pluie à 8 h. 15.
15, pluie de 14 h. à 14 h. 30, de 15 h. 10 à 17 h. et dans la nuit, neige sur les montagnes environnantes.
16, pluie de 8 à 10 h., pluie et neige de 16 à 18 h., de 20 à 22 h. 30 et dans la nuit.
17, gelée blanche le matin, forte bise de 13 à 22 h.
les 18 et 19, gelée blanche à glace le matin.
le 20, légère gelée blanche le matin.
25, petite pluie de 18 à 22 h.
26, nouvelle neige sur les montagnes.
27, petite pluie le matin, neige dans la nuit.
28, quelques flocons de neige dans la journée, neige dans la nuit.
29, neige de 9 h. 15 à 10 h. 20 et dans la nuit.
30, neige de 13 h. 10 à 20 h., hauteur 3 cm.

Hauteur totale de la neige, 3 cm tombés en 1 jour.

GENÈVE — OCTOBRE 1919

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm +							Vent					Nébulosité				Durée d'inso-lation	Pluie	
	7 1/2	13 1/2	21 1/2	Moyenne 8 obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	7 1/2	13 1/2	21 1/2	Dominant	V. moy. km/h.	7 1/2	13 1/2	21 1/2	Moy. 6 obs.		Hauteur 24 h.	Nomb. d'heur.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm										h	mm	
1	23.5	21.2	23.2	22.83	− 4.03	20.9	25.1	SSE 0	N 1	SSW 1	calme	1.2	10	5	2	8	2.0	**15.6**	**10**
2	25.8	27.2	27.7	26.44	− 0.39	24.1	27.8	SSW 1	SW 1	SSW 0	SSW 1	2.6	9	5	8	6	3.2	6.0	6
3	27.0	25.9	25.6	26.27	− 0.52	25.0	27.6	SW 0	NNE 1	NNE 3	NNE 2	19.4	9	9	3	8	1.4	2.1	4
4	29.4	30.2	31.7	29.93	+ 3.17	26.0	32.1	NE 0	NNE 1	NNE 2	NNE 1	13.4	8	0	9	7	6.8	....	....
5	32.1	32.0	33.9	32.67	+ 5.94	31.9	35.0	NNE 1	NNE 0	SW 0	NNE 1	2.0	10	9	0	9	0.0	....	....
6	35.9	34.4	33.2	34.46	+ 7.77	32.8	36.8	SSW 0	NE 0	SSW 0	calme	0.6	10	5	0	4	6.3	....	....
7	32.3	30.5	30.3	31.29	+ 4.64	29.8	32.9	SSW 0	NNE 1	NNE 1	NNE 1	8.4	10	2	10	7	5.0	...	....
8	29.7	29.1	28.5	29.41	+ 2.78	27.9	30.2	NNE 1	NNE 1	SE 0	NNE 1	7.3	10	0	5	3	5.9	....	....
9	26.3	26.1	26.6	26.65	+ 0.05	25.8	28.0	SW 0	SE 0	NNE 4	NNE 2	**20.8**	10	9	0	6	0.0	0.1	....
10	26.7	25.4	24.8	25.72	− 0.85	23.9	27.0	NNE 1	NNE 1	NNE 1	NNE 1	14.0	1	0	7	2	8.4	....	...
11	23.3	23.0	24.5	23.61	− 2.93	23.0	24.7	SW 0	SSE 1	S 0	calme	0.6	5	9	0	5	3.8	....	.. .
12	24.3	22.9	22.4	23.49	− 3.02	22.1	24.8	SSE 0	NNE 1	W 1	calme	0.8	0	0	0	0	9.2	..	....
13	21.5	20.3	23.2	**21.54**	**− 4.94**	**20.2**	24.0	SW 0	NW 0	W 0	calme	0.4	10	10	10	10	0.0	7.1	9
14	25.2	25.9	29.4	26.49	+ 0.04	24.0	29.9	SW 0	W 1	SSW 1	calme	0.5	8	5	0	5	5.7	0.2	....
15	28.4	25.1	28.0	27.83	+ 1.41	24.1	29.8	SW 1	SSW 2	SW 1	SW 1	5.9	8	9	9	9	3.4	6.0	4
16	28.9	29.6	34.1	30.65	+ 4.25	28.6	35.5	SW 1	NNW 1	SW 1	SW 1	8.2	10	3	10	9	1.8	2.6	7
17	37.5	38.0	38.7	37.80	+11.43	35.5	39.4	SE 0	NNE 2	NNE 2	NNE 1	12.7	0	0	0	0	**10.2**	....	....
18	39.9	39.1	39.1	**39.37**	**+13.02**	38.3	**40.3**	SE 0	NNE 1	SE 0	NNE 1	9.4	0	0	0	0	9.7	. .	....
19	39.5	38.4	38.2	38.75	+12.42	37.8	39.5	SSW 0	NNE 1	SE 0	NNE 1	4.6	9	1	0	3	7.2	...	....
20	37.4	35.9	34.8	36.34	+10.01	34.7	38.4	NNE 0	NNE 1	NNE 1	NNE 1	10.9	2	1	3	3	8.1	....	...
21	35.8	35.0	35.1	35.21	+ 8.92	34.4	36.0	E 0	NNE 1	NNE 1	NNE 1	8.8	10	10	9	8	0.0	. ..	....
22	34.4	32.9	32.1	33.35	+ 7.08	31.7	34.9	SW 0	NNW 1	NE 1	NNE 1	5.9	9	9	10	8	2.2	....	....
23	30.1	28.4	27.8	29.23	+ 2.98	27.7	31.7	NW 0	NNE 1	NW 1	NNE 1	8.9	10	10	10	10	0.0	....	....
24	27.1	25.9	24.9	26.28	+ 0.04	24.7	27.9	SW 1	NNE 1	SE 0	var.	1.8	10	9	0	6	0.8	. .	....
25	23.9	23.3	23.7	23.72	− 2.50	23.0	24.7	SE 0	SSE 0	SE 0	calme	0.5	10	10	10	10	0.0	0.3	4
26	24.1	24.7	25.6	24.68	− 1.53	23.5	25.7	NE 0	NE 1	NNW 0	calme	0.6	9	9	10	9	0.0	....	....
27	24.5	24.8	23.1	24.32	− 1.88	22.2	25.6	NNE 1	NNE 1	SW 0	NNE 1	5.4	10	9	10	9	1.2	1.4	3
28	21.2	21.9	23.0	22.07	− 4.11	21.1	23.3	W 0	W 0	W 0	var.	4.2	10	8	10	9	2.4	1.7	4
29	21.9	22.2	24.5	22.84	− 3.33	21.9	25.4	SSW 0	W 1	SW 1	SW 1	6.5	9	6	10	7	5.0	1.0	3
30	24.9	25.2	25.3	25.06	− 1.11	24.4	25.5	NW 0	W 0	W 0	calme	0.5	5	10	10	9	0.0	4.7	7
31	25.5	25.1	25.4	25.39	− 0.77	25.0	25.7	SW 0	NNE 1	NE 0	NNE 1	2.0	9	8	9	6	2.3	....	...
Mois	28.64	28.06	28.67	28.51	+ 2.00							6.09	7.7	5.8	5.6	6.3	112.0	48.8	61

Jour du mois	Température							Fraction de saturation en 0/0							Tempér. du Rhône		Limnimètre
	7 1/2	13 1/2	21 1/2	Moyenne 8 obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	7 1/2	13 1/2	21 1/2	Moyenne 8 obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	Midi	Ecart av. la norm.	
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm
1	12.6	16.0	14.6	**14.22**	+ 1.81	11.8	**17.4**	97	82	90	**90**	**+ 9**	75	98	17.3	+1.6	1645
2	11.6	15.9	9.3	12.71	+ 0.47	8.0	16.6	84	52	80	72	− 9	48	96	17.0	+1.4	1725
3	7.4	9.0	10.3	8.98	− 3.10	6.6	11.5	94	90	72	85	+ 4	70	99	16.0	+0.6	1800
4	9.0	13.4	11.2	11.15	− 0.76	7.3	15.0	70	62	75	71	−10	58	79	15.2	−0.1	1785
5	11.2	13.2	9.8	11.24	− 0.50	8.2	14.0	70	72	96	81	0	68	97	—	—	1785
6	6.0	14.2	11.0	10.29	− 1.28	4.8	17.0	97	80	94	**90**	**+ 9**	64	99	15.3	+0.2	1785
7	9.0	16.4	14.8	12.98	+ 1.58	6.3	**17.4**	95	68	75	82	+ 1	67	98	15.3	+0.3	1795
8	13.0	15.6	11.0	13.61	+ **2.38**	9.8	16.3	84	75	93	83	+ 1	66	97	15.5	+0.7	1810
9	11.8	12.2	9.0	11.10	+ 0.05	7.3	15.0	93	81	64	81	− 1	59	97	15.3	+0.6	1805
10	5.4	11.0	4.5	7.55	− 3.33	3.8	11.8	69	37	75	**57**	**−25**	**32**	81	15.0	+0.4	1810
11	3.6	8.4	1.8	5.11	− 5.60	0.8	11.8	85	55	91	77	− 5	53	97	14.3	−0.2	1805
12	−1.3	9.3	3.2	4.68	− 5.85	**−2.5**	11.5	100	48	80	78	− 4	44	100	—	—	1755
13	7.0	9.4	7.8	6.56	− 3.80	1.8	9.7	83	86	97	**90**	+ 8	78	98	13.0	−1.2	1775
14	7.0	14.0	5.5	8.31	− 1.87	4.2	15.0	96	61	84	82	0	56	98	13.8	−0.3	1770
15	7.2	13.1	5.8	7.60	− 2.40	3.8	13.8	66	44	80	72	−10	41	94	13.6	−0.4	1760
16	4.1	5.0	2.6	3.31	− 6.52	1.2	8.0	67	59	93	77	− 5	52	95	9.5	−4.3	1770
17	1.2	8.2	5.6	5.04	− 4.61	0.0	9.0	93	55	63	72	−10	48	95	9.0	−4.7	1735
18	−0.4	8.6	4.4	4.89	− 4.58	−1.5	10.0	96	53	83	74	− 9	51	98	8.8	−4.7	1745
19	1.4	8.4	7.0	5.05	− 4.24	−1.0	9.8	95	59	83	79	− 4	57	96	—	—	1735
20	4.4	8.8	7.9	6.84	− 2.27	3.0	10.2	90	66	72	77	− 6	63	93	8.8	−4.5	1745
21	5.6	7.6	6.6	6.81	− 2.12	5.0	8.0	85	66	71	73	−10	60	87	8.3	−4.9	1740
22	2.4	7.6	5.2	4.58	− 4.17	0.3	8.2	93	66	80	81	− 2	61	95	11.0	−2.0	1705
23	3.8	5.6	4.9	4.69	− 3.88	3.2	5.8	80	75	81	78	− 5	70	86	11.2	−1.7	1725
24	4.5	6.5	3.0	5.16	− 3.23	1.8	9.8	88	82	91	85	+ 2	68	95	11.3	−1.4	1650
25	4.0	8.9	6.8	5.95	− 2.26	1.2	9.0	93	79	94	89	+ 6	74	95	11.3	−1.3	1655
26	7.4	10.0	7.0	8.25	+ 0.21	6.0	10.0	84	64	91	81	− 2	57	95	—	—	1635
27	5.2	5.4	3.0	4.76	− 3.10	0.4	7.8	70	49	76	71	−12	43	94	11.2	−1.1	1630
28	1.2	6.6	1.2	2.45	− 5.23	0.0	7.2	93	62	94	85	+ 2	58	97	11.0	−1.2	1615
29	1.0	4.5	1.5	1.98	− 5.52	−0.1	7.2	88	59	85	82	− 1	57	97	10.6	−1.5	1600
30	0.4	1.7	0.6	**0.64**	− **6.68**	−0.5	3.6	88	76	96	**90**	+ 7	74	98	10.4	−1.5	1575
31	0.8	5.4	1.8	2.22	− 4.92	−0.2	6.2	96	63	88	86	+ 3	61	96	10.2	−1.6	1585
Mois	5.40	9.67	6.41	7.05	− 2.83	3.25	11.08	87	65	83	80	− 3			12.56	−1.42	1724

MOYENNES DE GENÈVE — OCTOBRE 1919

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + $0^{mm}.02$. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700 +

Heure	1 ½	4 ½	7 ½	10 ½	13 ½	16 ½	19 ½	22 ½	Moyenne
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	28.85	28.68	28.88	29.07	28.22	27 84	28.38	28.61	28.57
2e »	30.67	30.62	30.59	30.67	29.82	29.96	30.82	31.53	30.59
3e »	27.01	26.66	26.66	26.90	26.31	26.12	26.43	26.38	26.56
Mois	28.78	28.59	28.64	28.82	28.06	27.91	28.48	28.76	28.51

Température

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	10.34	9.76	9.70	11.82	13.69	14.03	11.53	10.19	11.38
2e »	3.54	2.57	3.42	7.51	9.32	8.29	6.46	4.80	5.74
3e »	3.26	3.12	3.30	5.03	6.35	5.65	4.47	3.35	4.32
Mois	5.64	5.08	5.40	8.02	9.67	9.20	7.39	6.03	7.05

Fraction de saturation en %

1re déc.	86	88	85	80	70	66	76	83	79
2e »	89	90	87	70	59	69	75	85	78
3e »	89	88	87	81	67	72	82	88	82
Mois	88	89	87	77	65	69	78	85	80

Dans ce mois l'air a été calme 446 fois sur 1000

Le rapport des vents $\frac{\text{NNE}}{\text{SSW}} = \frac{81}{24} = 3.37$

Moyennes des 3 observations (7 ½, 13 ½, 21 ½)

	mm
Pression atmosphérique. . . .	28.46
Nébulosité	6.4
Temp. $\frac{7\frac{1}{2} + 13\frac{1}{2} + 21\frac{1}{2}}{3}$ . . .	7°.16
Temp. $\frac{7\frac{1}{2} + 13\frac{1}{2} + 2 \times 21\frac{1}{2}}{4}$.	6°.97
Fraction de saturation.	78 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

		mm
Press. atmosphérique .	(1836-1875)	726 51
Nébulosité	(1847-1875)	6.9
Hauteur de pluie . .	(1826-1875)	101.0
Nombre de jours de pluie	»	12
Temp. moyenne. . .	»	9°.88
Fract. de saturation	(1849-1875)	83 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	Céligny	Collex	Chambésy	Châtelaine	Satigny	Athenaz	Compesières
Hauteur d'eau en mm	59.8	50.7	49.4	50.6	48.2	44.8	42.1

Station	Veyrier	Observatoire	Cologny	Puplinge	Jussy	Hermance
Hauteur d'eau en mm	41.9	48.8	48 5	56.1	57.2	60.6

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS D'

OCTOBRE 1919

Les 1, 2, 3, 5, 8, 10, 11, 21, 25, 26 et 27, brouillard une partie de la journée
le 9, brouillard toute la journée.
les 1, 5, 12 et 13, vent très fort.
les 4, 10, 15, 16, 17, 27 et 28, très forte bise.

Le 23, gel complet du lac.

GRAND SAINT-BERNARD — OCTOBRE 1919

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm +							Vent				Nébulosité			
	7 1/2	13 1/2	21 1/2	Moyenne 3 obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	7 1/2	13 1/2	21 1/2	Dominant	7 1/2	13 1/2	21 1/2	Moyenne 3 obs.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm								
1	64.5	62.8	64.5	63.9	− 2.0	62.4	66.8	SW 1	SW 4	SW 5	SW 3	10	9	10	10
2	64.7	63.8	63.3	63.9	− 1.9	63.0	64.9	SW 1	SW 0	NE 2	var.	10	10	10	10
3	61.2	61.1	63.0	61.8	− 3.9	60.8	63.4	NE 2	NE 2	NE 1	NE 2	10	10	10	10
4	67.2	69.2	70.6	69.0	+ 3.4	63.4	70.9	NE 1	SW 2	NE 3	NE 2	10	10	9	10
5	72.0	72.4	74.8	73.1	+ 7.6	70.9	**74.8**	SW 1	SW 4	NE 1	SW 2	10	10	10	10
6	74.2	73.9	73.4	**73.8**	+ 8.4	73.0	74.7	SW 1	SW 0	SW 0	SW 1	0	0	1	0
7	71.4	70.3	70.1	70.6	+ 5.3	69.8	73.0	NE 0	SW 0	SW 1	SW 1	1	0	0	0
8	68.8	69.0	68.0	68.6	+ 3.4	67.1	69.8	SW 1	SW 0	NE 1	var.	10	7	10	9
9	64.7	63.0	62.3	63.3	− 1.8	61.8	67.1	NE 1	NE 1	NE 2	NE 1	10	10	10	10
10	60.8	60.0	58.9	59.9	− 5.2	58.4	61.8	NE 2	NE 3	NE 1	NE 2	10	0	8	6
11	57.4	57.4	58.5	57.8	− 7.2	57.1	58.7	NE 1	NE 1	NE 1	NE 1	10	4	10	8
12	59.0	59.7	60.6	59.8	− 5.1	58.7	60.8	NE 1	SW 2	SW 3	SW 2	0	0	9	3
13	59.8	59.4	60.2	59.8	− 5.0	59.2	60.9	SW 3	SW 3	NE 1	SW 3	10	10	3	8
14	62.0	63.1	64.3	63.1	− 1.6	60.6	64.4	NE 1	SW 1	SW 1	SW 1	10	0	0	3
15	63.8	63.3	61.3	62.8	− 1.8	61.2	64.2	SW 0	SW 1	NE 5	var.	2	3	10	5
16	60.6	60.0	63.2	61.3	− 3.2	60.0	64.8	NE 3	NE 5	NE 5	NE 4	9	10	10	10
17	67.6	69.1	71.0	69.2	+ 4.8	64.8	71.4	NE 3	NE 2	NE 1	[illegible] 2	4	2	0	2
18	72.4	72.8	73.5	72.9	+ 8.5	71.4	73.6	NE 0	NE 0	NE 0	calme	0	0	0	0
19	73.2	73.1	73.1	73.1	**+ 8.8**	72.8	73.4	NE 0	NE 1	NE 0	NE 1	0	2	0	1
20	71.4	70.3	69.4	70.4	+ 6.2	69.1	72.9	NE 1	NE 0	SW 2	var	1	0	7	3
21	68.3	68.0	69.5	68.6	+ 4.5	67.8	69.7	NE 2	SW 1	SW 1	SW 1	0	10	1	4
22	68.0	67.3	66.6	67.3	+ 3.3	66.2	69.1	SW 1	SW 1	SW 1	SW 1	0	0	0	0
23	64.6	63.5	63.0	63.7	− 0.2	62.8	66.2	NE 0	NE 1	SW 1	var	8	2	0	3
24	62.3	62.3	61.5	62.0	− 1.8	61.3	62.8	NE 0	NE 1	NE 1	NE 1	1	2	3	2
25	60.4	60.1	60.2	60.2	− 3.6	59.8	61.3	SW 1	SW 1	SW 1	SW 1	10	10	10	10
26	60.2	60.0	60.7	60.3	− 3.4	59.6	60.7	SW 1	NE 0	NE 1	var	8	10	10	9
27	57.4	56.7	54.7	56.3	− 7.3	54.1	60.4	NE 2	NE 2	NE 3	NE 2	10	10	10	10
28	52.7	54.7	55.4	**54.3**	**− 9.3**	**52.3**	55.5	NE 5	NE 3	NE 2	NE 3	10	10	10	10
29	55.0	54.8	56.3	55.4	− 8.1	54.5	56.6	NE 1	NE 1	NE 1	NE 1	1	2	0	1
30	56.8	57.7	58.6	57.7	− 5.7	56.6	58.8	NE 0	NE 0	SW 1	SW 1	0	10	10	7
31	58.6	59.0	59.4	59.0	− 4.4	58.4	59.5	NE 1	NE 0	SW 1	var	0	0	1	0
Mois	63.90	63.80	64.19	63.96	− 0.64							5.6	5.3	5.9	5.6

Jour du mois	Température 7 ½	Température 13 ½	Température 21 ½	Température Moyenne 3 obs.	Température Ecart av. la norm.	Température Min.	Température Max.	Fraction de saturation en % 7 ½	Fraction de saturation en % 13 ½	Fraction de saturation en % 21 ½	Fraction de saturation en % Moyenne 3 obs.	Fraction de saturation en % Min.	Fraction de saturation en % Max.	Pluie et Neige Ancien pluv. Pluie	Pluie et Neige Ancien pluv. Neige	Pluie et Neige Nouv. pluv. Pluie	Pluie et Neige Nouv. pluv. Neige
	°	°	°	°	°	°	°							mm	cm	mm	cm
1	4.4	5.6	2.0	4.0	+ 2.5	1.8	6.4	100	83	100	94	81	100	20.6	....	24.3	....
2	1.8	0.2	− 3.7	− 0.6	− 2.0	− 4.0	2.1	94	96	98	96	94	100	9.0	7	16.0	11
3	− 5.4	− 3.0	− 4.2	− 4.2	− 5.4	− 5.6	− 1.8	97	96	94	96	91	99	**29.6**	**30**	**37.0**	**40**
4	− 2.2	− 1.0	− 0.7	− 1.3	− 2.4	− 4.0	− 0.4	96	98	92	95	90	100	15.0	2	22.0	3
5	0.7	1.6	1.5	1.3	+ 0.4	− 0.4	2.0	100	100	99	100	82	100	10.0	....	12.5	....
6	1.2	4.9	4.6	3.6	+ 2.8	0.9	7.4	82	68	63	71	60	99	....	....	....	....
7	3.2	7.2	5.0	**5.1**	+ **4.5**	2.6	**7.6**	52	58	75	62	44	91	....	....	....	....
8	2.0	2.6	2.3	2.3	+ 1.8	1.7	4.1	100	92	100	97	78	100	....	....	....	....
9	0.7	0.1	− 3.8	− 1.0	− 1.3	− 4.8	1.4	100	100	100	100	85	100	....	....	....	....
10	− 6.6	− 5.1	− 7.0	− 6.2	− 6.4	− 7.3	− 4.3	100	100	95	98	90	100	3.0	3	5.6	4
11	− 8.0	− 5.6	− 8.2	− 7.3	− 7.3	− 9.0	− 5.0	95	86	96	92	81	97	1.9	2	2.8	3
12	− 9.0	− 4.4	− 6.9	− 6.8	− 6.7	− 9.8	− 2.3	48	68	97	71	45	98	3.0	3	4.4	4
13	− 6.9	− 4.8	− 1.7	− 4.5	− 4.2	− 7.2	− 1.4	98	96	100	98	93	100	7.7	12	11.2	16
14	− 5.8	− 0.9	− 4.4	− 3.7	− 3.3	− 6.2	0.8	95	69	75	80	61	98	....	....	....	....
15	− 6.5	− 1.2	− 6.5	− 4.7	− 4.1	− 8.6	− 0.6	62	53	98	71	42	99	26.0	25	30.0	29
16	−11.4	− 9.3	−11.2	−10.6	− **9.9**	−11.7	− 9.0	95	94	94	94	91	98	6.0	6	12.0	11
17	−11.2	− 7.3	− 9.6	− 9.4	− 8.5	−11.4	− 6.0	91	84	75	83	54	96	....	....	....	....
18	− 4.8	0.0	− 2.0	− 2.3	− 1.2	− 9.8	2.3	37	35	35	**36**	27	54	....	....	....	....
19	− 1.7	2.0	− 0.4	0.0	+ 1.2	− 2.0	4.1	35	38	44	39	**25**	50	....	....	....	....
20	− 1.5	0.4	− 5.0	− 2.0	− 0.6	− 5.8	1.0	49	54	97	67	46	98	....	....	....	....
21	− 5.2	− 5.4	− 7.0	− 5.9	− 4.4	− 8.0	− 4.1	60	100	95	85	54	100	....	....	....	....
22	− 6.8	− 2.0	− 4.9	− 4.6	− 2.9	− 8.2	0.0	76	69	66	70	60	88	....	....	....	....
23	− 4.8	0.8	− 3.7	− 2.6	− 1.8	− 5.1	2.4	69	52	81	67	47	84	....	....	....	....
24	− 4.1	0.4	− 2.8	− 2.2	− 0.2	− 4.4	1.4	84	74	95	84	71	97	....	....	....	....
25	− 3.7	− 2.5	− 4.2	− 3.5	− 1.4	− 4.6	− 1.6	100	96	96	97	93	100	6.6	6	8.0	9
26	− 5.4	− 3.5	− 5.9	− 4.9	− 2.6	− 6.6	− 2.4	95	90	100	95	87	100	12.0	11	22.5	14
27	− 8.0	− 9.6	−12.9	−10.1	− 7.7	−13.1	− 6.6	95	93	91	93	90	98	4.5	8	10.7	15
28	−12.6	−10.4	−12.0	−11.7	− 9.1	−13.0	− 9.2	91	90	90	90	90	94	0.9	2	1.2	2
29	−13.2	−10.0	−14.7	**−12.6**	− **9.9**	−15.5	− 9.5	91	90	89	90	87	92	....	....	....	....
30	−15.7	−10.5	−10.9	−12.4	− 9.5	**−15.9**	− 9.7	85	70	91	82	62	92	2.0	2	2.5	3
31	−11.6	− 8.0	−10.4	−10.0	− 7.0	−12.4	− 6.2	82	68	78	76	64	90	....	....	....	....
Mois	−5.10	− 2.54	−4.82	−4.15	− 3.67	−6.66	−1.20	82	79	87	83			157.8	119	222.7	164

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD — OCTOBRE 1919

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — 0mm.22. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500mm + — Fraction de saturation en %

Heure	7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne	7 ½	13 ½	21 ½	Moy.
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	66.95	66 55	66.89	66.79	92	89	92	91
2e »	64.72	64.82	65.51	65.02	70	68	81	73
3e »	60.39	60.37	60.53	60.43	84	81	88	84
Mois	63.90	63 80	64.19	63.96	82	79	87	83

Température

Heure	7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne $\frac{7½+13½+21½}{3}$	Moyenne $\frac{7½+13½+2\times21½}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	−0 02	1 31	−0.40	0.30	0.12
2e »	−6.68	−3.11	−5.59	−5.13	−5.24
3e »	−8.28	−5.52	−8.13	−7.31	−7.51
Mois	−5.10	−2.54	−4.82	−4.15	−4.32

Dans ce mois l'air a été calme 204 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{82}{49} = 1.67$

Pluie et neige dans le Val d'Entremont

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	Grand St-Bernard Anc. P.	Grand St-Bernard Nouv. P.
Eau en mm . .	65.1	61.7	65.0	157.8	222.7
Neige en cm . .	0	30	26	119	164

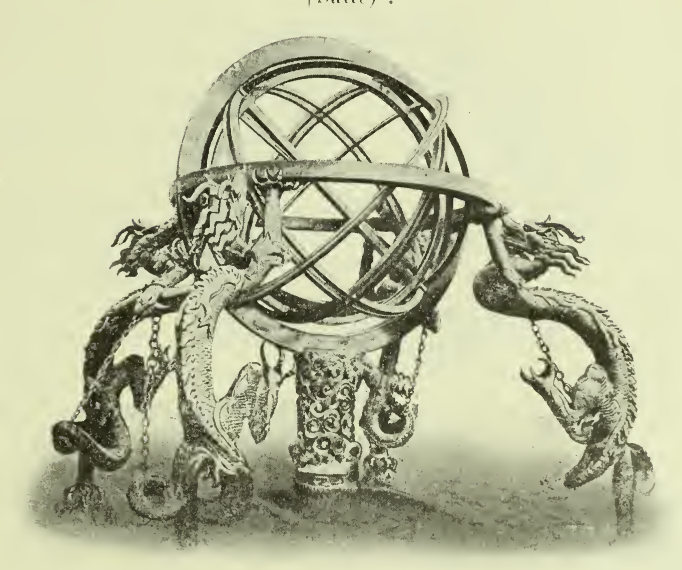
LE SYSTÈME ASTRONOMIQUE DES CHINOIS

PAR

Léopold de SAUSSURE

(Avec 11 fig.).

(Suite)[1].



Avant-Propos.

Un exposé de l'astronomie chinoise se heurte à une double difficulté : pour les lecteurs sinologues, il faut réduire au minimum les considérations d'ordre astronomique ; pour un public

[1] Voir *Arch. 1919*, vol. 1, p. 186-216. — Le frontispice représente le *Ling-long yi*, sphère armillaire de l'observatoire de Pékin construite au

d'astronomes ou de physiciens, il faut supprimer celles d'ordre philologique. C'est pourquoi il n'est peut-être pas inutile de présenter la même étude, sous deux aspects différents, dans une revue sinologique et dans une revue des sciences physiques.

Je me suis donc limité ici aux faits présentant quelque intérêt pour l'histoire de la pensée humaine et de l'origine des sciences, en écartant ceux dont la valeur est seulement d'ordre sinologique.

III. — Rôle fondamental de l'étoile polaire.

La Chine primitive formant un noyau de civilisation entouré de tous côtés par des peuplades sauvages ou barbares, il est naturel qu'elle ait assimilé son empire à l'univers et attribué à son souverain une autorité œcuménique en considérant sa capitale comme le centre du monde[1].

C'est, semble-t-il, cette situation politique qui a suggéré l'idée, d'ailleurs fort rationnelle, de distinguer dans le ciel la région centrale, toujours visible, au milieu de laquelle trône l'étoile polaire, et les quatre quartiers équatoriaux plongeant alternativement sous l'horizon. Quoi qu'il en soit, la division homologue du ciel et de la terre en cinq régions dont une centrale et quatre périphériques, date de la très haute antiquité[2]. Les expressions

temps de la dynastie mongole (XIIIe siècle). Cette figure est empruntée à l'ouvrage de M. Alf. Chapuis : *La montre « chinoise »*. Neuchâtel 1919.

Nous désignerons, dans ce qui suit, les siècles antérieurs à l'ère chrétienne par des chiffres arabes.

[1] Un fait analogue s'est produit dans le royaume des Incas, centre civilisé entouré par des peuplades sauvages et qui n'avait aucune connaissance d'autres foyers de civilisation. La dynastie était considérée comme issue du soleil. Il n'y avait pas de nom géographique pour désigner le pays, si ce n'est : « Les quatre quartiers (du monde) ».

La Chine primitive était limitée au bassin inférieur du fleuve Jaune. La région du *Yang-tseu kiang* lui était inconnue. Elle était entourée de peuplades analogues aux Tartares, Turcs, Lolos et Annamites.

[2] Dans le *Tribut de Yu*, document très ancien quoique son attribution au fondateur de la première dynastie soit purement légendaire, on trouve un schéma de l'empire consistant en carrés concentriques dont les côtés sont N-S. E-W. avec la capitale au centre. Dans chacune des zones ainsi formée, l'administration devient de plus en plus indirecte, de telle sorte

de *Fils du Ciel* s'appliquant au souverain, de *Royaume du Milieu* désignant le territoire qui lui est directement soumis, et de *Dessous du Ciel* signifiant l'empire sont vraisemblablement antérieures à la première dynastie. Le second chapitre du *Chou king* nous montre *Chouen* (22me siècle avant J.-C.), élevé par adoption à la dignité impériale, accomplissant le sacrifice ancestral à l'Empereur d'en haut, privilège du Fils du Ciel. A propos de cette mention, la plus ancienne, de la divinité suprême, les commentateurs chinois exposent que, dans l'antiquité, le *Chang ti* était représenté par l'étoile polaire. Cette tradition religieuse

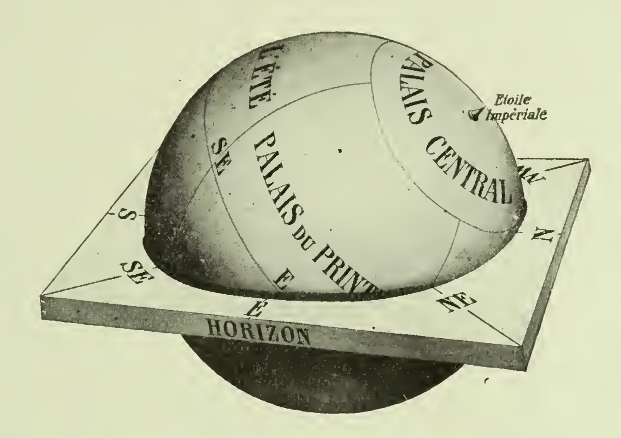


Fig. 9. — *Sphère céleste chinoise.* La division de l'équateur est identique à celle de l'horizon.

est confirmée par l'analyse de l'uranographie des Chinois, comme aussi par la philosophie résultant de leur système astronomique.

Les étoiles qui furent successivement polaires. — On appelle *polaire* l'étoile qui se trouve (à peu près) dans le prolongement

que l'indépendance complète des indigènes indique leur sauvagerie absolue, l'absence de toute influence civilisatrice.

Cette forme quadrangulaire, qui s'est conservée rituellement dans le tracé de la capitale, montre que l'adage chinois *Le ciel est rond, la terre est carrée* remonte à la haute antiquité (il figure d'ailleurs dans le rituel de la 3me dynastie, comme nous l'avons vu, p. 209). Il faut entendre par là que la terre, étant plane, est soumise à la géométrie rectiligne, tandis que le ciel est soumis à la géométrie sphérique. Les quartiers de la terre sont limités par des lignes droites, tandis que ceux du ciel sont séparés par des lignes courbes.

de l'axe de rotation de notre planète, situation qui lui donne l'apparence d'être le pivot immobile de la révolution diurne. Mais cet axe, comme celui d'une toupie, se balance ; il décrit dans le firmament, en 25,765 ans, une circonférence dont le rayon est égal à l'inclinaison de l'équateur sur l'écliptique (environ 23 $^1/_2$ degrés). Le pôle céleste se déplace donc assez rapide-



Fig. 10. — *Révolution du pôle.* Sur cette figure, empruntée à l'*Astr. populaire* de Flammarion, la trace du cercle de précession parmi les étoiles est un peu inexacte parce que le centre de ce cercle ne coïncide pas avec le centre de la projection stellaire. Les fig. 12 et 14 montrent que le pôle a passé plus près d'α Draconis.

ment parmi les étoiles et toutes celles qui se trouvent sur sa trajectoire deviennent successivement polaires[1].

[1] Son déplacement en un siècle est un peu supérieur à la largeur de la lune. La première étoile polaire du système chinois est séparée de notre polaire actuelle par un arc de grand cercle équivalent à peu près à la longueur de la Grande Ourse (fig. 10).

Par suite de l'irrégularité de la répartition des étoiles sur la sphère céleste, il peut arriver que le pôle, dans son trajet, rencontre plusieurs étoiles notables en quelques siècles tandis qu'il n'en approchera aucune pendant une longue période consécutive. Ces deux cas se sont présentés au cours de l'histoire chinoise.

Notre étoile polaire actuelle (α Petite Ourse) offre cette double particularité d'être à la fois très brillante (2me grandeur) et précédée par une longue lacune ; de telle sorte qu'elle est considérée comme polaire, aussi bien en Orient qu'en Occident, depuis plus de mille ans, et destinée à conserver encore longtemps ce privilège. Mais dans les premiers siècles de la civilisation chinoise, le pôle céleste a passé successivement près de plusieurs étoiles : au 29me siècle il s'est trouvé à proximité de α de la queue du Dragon ; au 27me siècle il a passé près de 10 Dragon et au 23me siècle près d'une petite étoile entre 10 et $\varkappa$ du Dragon. Or, comme le P. Gaubil l'a fait remarquer[1], la première de ces étoiles ne porte, dans la nomenclature chinoise, aucun nom remarquable, tandis que les deux suivantes se nomment *T'ien yi* (l'Unique du ciel) et *T'ai yi* (l'Unique suprême) qui les désignent nettement comme étoiles polaires. Ceci montre qu'au 29me siècle l'astronomie chinoise n'était pas encore constituée,

[1] *Lettres édifiantes*, t. XIV de l'édition de Lyon, 1819, p. 329. Il existe en outre un mémoire manuscrit de ce savant missionnaire jésuite à la bibliothèque de l'Observatoire de Paris, au sujet des étoiles polaires chinoises (Voir l'introduction des *Etudes* de Biot, 1862; et son article du *Journal des Savants*, 1840). Les coordonnées écliptiques indiquées par Gaubil identifient avec certitude *T'ien yi* à 10 (*i*) Draconis. Mais en ce qui concerne *T'ai yi* ce missionnaire a fait une erreur d'observation ou de calcul, d'autant plus regrettable que la réforme du service astronomique par les Jésuites a fait disparaître l'ancienne tradition orale, de sorte qu'il ne reste probablement plus de Chinois capable de montrer cette petite étoile. En comparant les fig. 12, 13 et 14 il semble que *T'ai yi* soit l'étoile triple C ; car sur la carte chinoise *T'ien yi* et *T'ai yi* sont placées à droite de la Haie occidentale, entre les deux premières étoiles (α et $\varkappa$) de cette Haie. Voir la discussion dans le *T'oung pao* 1920.

Les fig. 12 et 14, sur lesquelles j'ai marqué le résultat de mes calculs, ont été photographiées sur les Atlas de l'Observatoire de Genève. Je saisis ici l'occasion de remercier MM. le prof. R. Gautier, directeur, et J. Pidoux, astronome, pour la grande obligeance qu'ils ont mise à faciliter mes recherches et à me renseigner.

tandis qu'elle l'était lorsque 10 Dragon jouait encore le rôle d'étoile polaire, c'est-à-dire aux environs du 25[me] siècle. Cette induction vient confirmer ce que le système astronomique chinois, corroboré par le texte du *Yao-tien,* nous a déjà appris : à savoir que la création de ce système date de l'époque où les équinoxes et solstices se trouvaient dans les *sieou* cardinaux

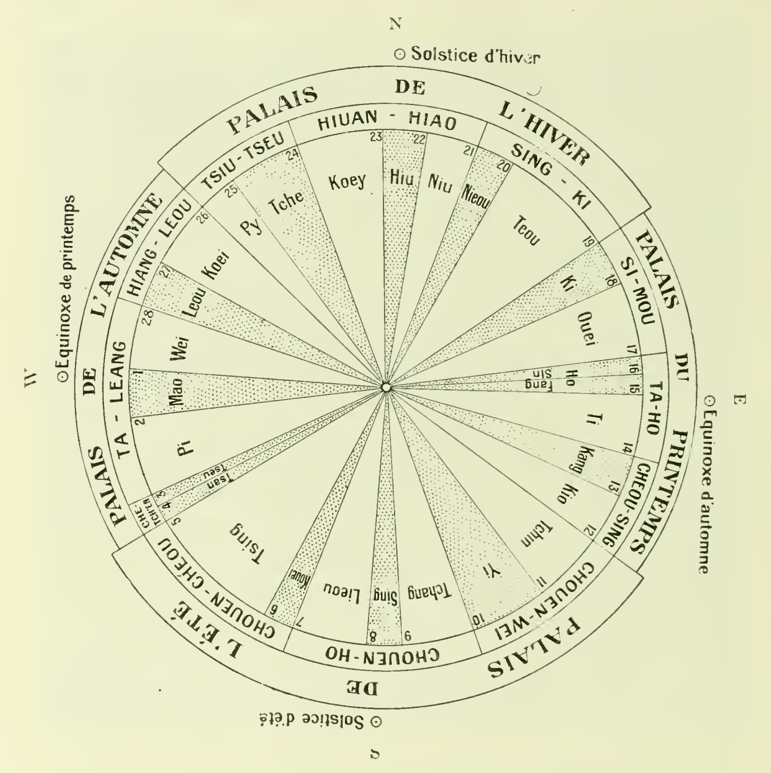


Fig. 11. — Projection des 28 *sieou* sur l'équateur du 24[me] siècle.

Mao, Sing, Fang, Hiu (fig. 11), c'est-à-dire aux environs du 24[me] siècle[1].

Si, sur un globe céleste à pôles mobiles, nous plaçons l'équateur dans la position où le point vernal se trouve en *Mao* (les

[1] Nous avons vu (*Arch. 1919,* p. 107) que la création de couples de *sieou* symétriques marqués par des étoiles diamétralement opposées, non visibles simultanément, n'avait pu être réalisée que par l'observation attentive de la simultanéité de leur passage au méridien avec des étoiles circompolaires ;

Pléiades), les équinoxes et solstices seront compris dans les *sieou* cardinaux *Mao, Sing, Fang, Hiu* et le pôle nord se placera automatiquement au point P ou P′ de la fig. 12, entre *T'ai yi* et *T'ien yi*. Le traditionalisme méticuleux des Chinois a donc transmis inconsciemment la position précise des cinq palais célestes de la période créatrice : en conservant, inamovibles, les étoiles déter-

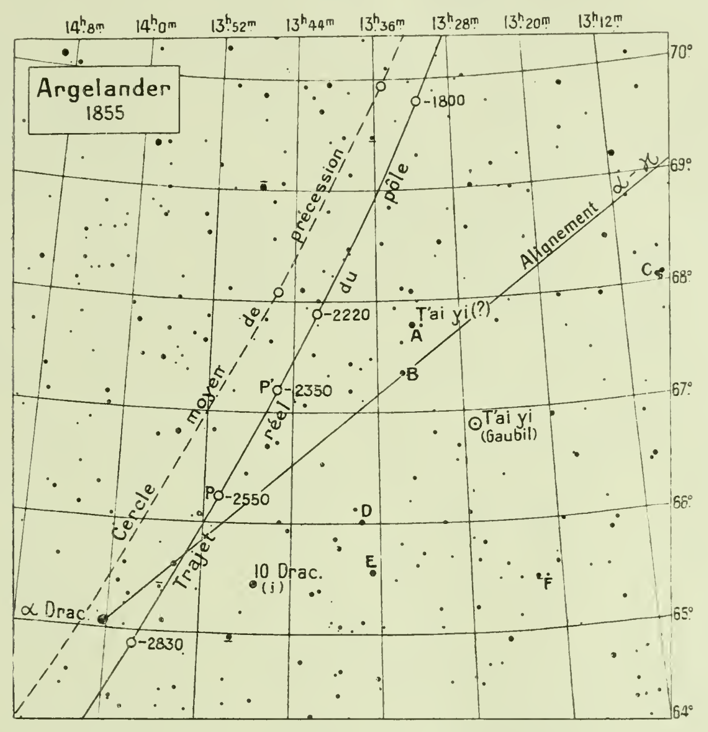


Fig. 12. — Trajet du pôle dans la haute antiquité chinoise.

minatrices qui limitent les *sieou*, il a maintenu la fixité des saisons sidérales primitives, représentées par 4 groupes de 7 *sieou*. Et en conservant le nom des anciennes étoiles polaires, il nous offre cette curieuse confirmation qui place le milieu du palais central en exacte concordance avec les milieux des qua-

ce qui suppose un plan méridien exactement établi et par conséquent une détermination précise du pôle. Cette nécessité explique comment, à une époque si reculée, une étoile aussi petite que *T'ai yi*, à peine visible à l'œil nu, ait pu être choisie comme polaire.

tre palais équatoriaux. Cet ensemble systématique étant confirmé, en outre, par le texte du *Yao-tien* et par la symétrie primitive des couples de *sieou*[1].

Corrélation entre l'empereur et l'étoile polaire. — Nous avons



Fig. 13. — Carte chinoise du XIIIe siècle.

vu que la conception fondamentale de la cosmologie chinoise est l'idée d'une révolution dualistique (*yin* et *yang*) s'accomplissant autour d'un centre immobile. Cette révolution, qui exprime

[1] Lorsque les Chinois, du Ier au VIIIe siècles, découvrirent et formulèrent la loi de précession, ils comprirent bien que les palais célestes traditionnels représentent les saisons et les dates tropiques de la période créatrice ; mais comme ils considéraient cette loi comme équatoriale (cf. p. 193, note 1). ils

la formule générale de l'univers, se manifeste dans le ciel par le mouvement des quatre palais sidéraux tournant autour du pôle immobile; et sur terre par l'alternance des saisons correspondant aux régions cardinales de l'Empire (Dessous du ciel) auxquelles préside le Fils du Ciel.

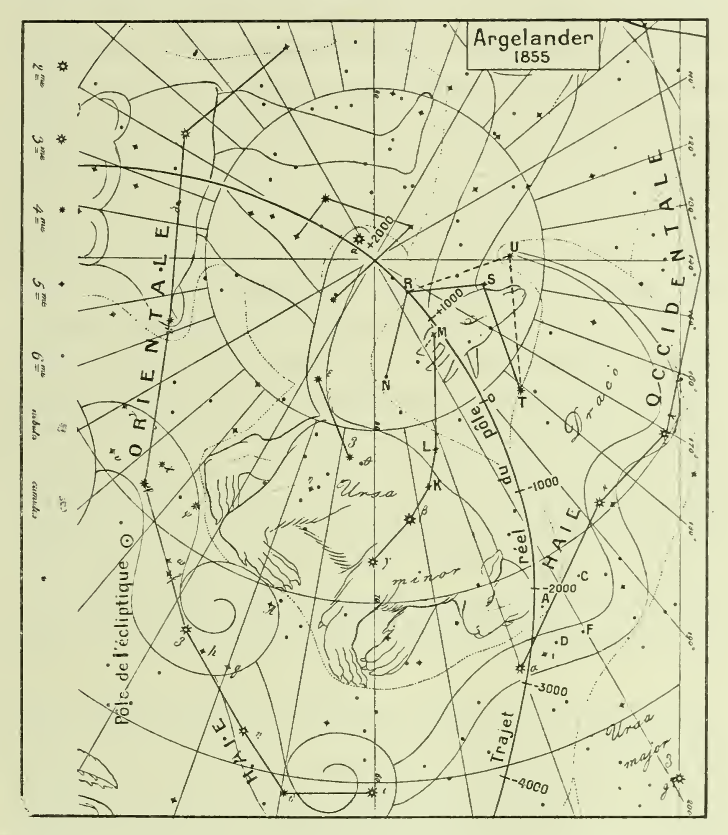


Fig. 14.

Une corrélation s'établit ainsi entre le Ciel et la Terre; entre l'Empereur d'en haut *(Chang ti)* et l'empereur terrestre *(Ti)*; entre l'étoile polaire, résidence de l'Etre suprême, et le trône impérial terrestre.

n'imaginèrent pas que le pôle ait pu se déplacer. Ils ne soupçonnèrent donc pas la raison d'être du nom des étoiles *T'ai yi* et *T'ien yi*, qui fut révélée par le P. Gaubil.

Dans la haute antiquité, où la croyance en l'Empereur céleste était profonde et vivace, la distinction semble avoir été bien établie entre le *Chang ti,* divinité anthropomorphique, et l'étoile polaire qui lui servait de résidence. Mais, dans les siècles postérieurs, cette distinction s'efface et il ne reste qu'une croyance, en quelque sorte déterministe, sur l'identité du rôle de l'empereur et de l'étoile polaire dans la nature. Si l'empereur se conduit mal et n'accomplit pas les rites de sa charge, la régularité des saisons s'altère, le mouvement des astres devient anormal, des malheurs fondent sur l'empire et la dynastie s'écroule par l'effet des lois physico-morales [1].

Confucius ne parle jamais du *Chang ti* et donne toujours à l'Etre suprême le nom de *T'ien,* le Ciel, concept naturiste et déterministe qui élimine, dans sa philosophie, l'idée d'une divinité anthropomorphique distribuant arbitrairement des grâces [2]. Il insiste, d'ailleurs, sur l'identité entre le rôle de l'empereur et celui de l'étoile polaire : « Le souverain qui règne par la vertu, dit-il, est semblable à l'étoile polaire. Il reste immobile au centre et tout évolue régulièrement autour de lui. »

Dès le 16e siècle av. J.-C., le fondateur de la 2e dynastie avait pris comme nom de règne celui de l'étoile polaire *T'ien yi,* l'Unique du ciel [3], ce qui montre déjà, semble-t-il, une altération du sentiment religieux de la haute antiquité. Inversement, l'étoile qui vers le 12e siècle, se trouvait la plus proche du pôle, β Petite

[1] Voir le livre canonique *Li ki,* traduction LEGGE. Collection des Sacred books of the East.

[2] Une cause qui contribua sans doute à ruiner l'ancien concept du *Chang ti* fut l'avènement, sous la 3e dynastie, de cinq *Chang ti* correspondant aux cinq éléments. J'ai montré que cette multiplication est en rapport avec la décadence du pouvoir impérial et les prétentions des grands vassaux qui s'attribuaient le titre de roi (cf. *Les origines de l'astr. ch.*, Toung pao, 1910; et ci-dessus, p. 190).

[3] Des sinologues, ignorant d'ailleurs que ces expressions sont des noms d'étoiles polaires, ont traduit *T'ien yi* et *T'ai yi* par Unité du ciel, Unité suprême, *yi* signifiant à la fois *un* et *unité.* Il est cependant clair qu'il ne s'agit pas ici d'*unité* mais d'*unicité ;* cela est d'autant plus évident que le souverain (corrélatif de l'étoile polaire) s'attribue dans l'antiquité le titre de *Yi jen* l'homme Unique, ce qui se traduit littéralement en anglais par l'expression tout à fait équivalente *the One man.* De même peut-on traduire *T'ien yi* en anglais par l'expression *the heaven's One.*

Ourse *(Lucida Humeris)* reçut, comme le P. Gaubil l'a également fait remarquer, le nom de *T'ien ti* (l'Empereur céleste), ce qui confirme aussi l'évolution des idées. A l'origine, dans l'ancienne religion astronomique, l'étoile polaire était la résidence du *Chang ti,* mais on ne la confondait pas avec lui ; tandis que, plus tard, l'empereur terrestre prend le nom de l'étoile polaire et attribue à l'étoile polaire, elle-même, la dignité impériale.

Par suite de la corrélation entre l'Empereur d'en haut et l'Empereur terrestre, entre l'étoile polaire et le trône terrestre, le Fils du Ciel, dans les audiences solennelles, est toujours tourné face au sud, comme l'étoile polaire, tandis que ses sujets se prosternent devant lui face au nord. Se tourner vers le sud, se tourner vers le nord sont deux expressions qui, tout au long de l'histoire chinoise, signifient : agir en souverain, se comporter en sujet[1].

Mais, comme Fustel de Coulanges l'a bien montré dans sa *Cité antique*[2], le chef de famille, chez les peuples soumis au régime patriarcal et au culte des ancêtres, est souverain dans sa maison. En Chine, le culte qu'il rend à ses ancêtres, face au nord, devant les tablettes où sont inscrits leurs noms, est analogue au culte que l'empereur rend au ciel[3]. Vis-à-vis de ses enfants et de ses

[1] Au 11e siècle, le duc de *Tcheou*, frère du fondateur de la 3e dynastie, sorte de Marc-Aurèle chinois, prit la régence pendant la minorité de son neveu : il se tourna vers le sud ; puis il lui remit le pouvoir à sa majorité et « se tourna derechef vers le nord ».

Au 3e siècle, après les troubles qui suivirent la chute des *Ts'in*, la dignité impériale fut offerte à *Lieou pang*, le fondateur de la dynastie des *Han*. Celui-ci, d'après les rites de la politesse chinoise, protestait de son indignité et se refusait à un tel honneur en saluant vers l'est, puis vers l'ouest. Mais, tout en continuant à saluer. il se tourna vers le sud,.. ce qui signifiait qu'il prenait en mains l'autorité.

[2] Quoique cet historien n'ait eu en vue que l'antiquité gréco-latine, ses remarques s'appliquent admirablement à l'antiquité chinoise.

[3] Le culte est rendu à cinq ascendants directs masculins et les générations sont considérées comme alternativement *yang* et *yin*. La tablette du fondateur de la famille (ou de la branche cadette) occupe le centre et reste inamovible, tandis que les quatre tablettes des générations *yang* et *yin* se succèdent et disparaissent à tour de rôle. Ces rites ne font que reproduire les traits fondamentaux de la cosmologie chinoise : le fondateur placé au centre, c'est le pôle, qui engendre les deux principes et les quatre saisons, formule générale de toute évolution, de toute révolution.

serviteurs, il se tourne au sud. Sa demeure, comme le palais impérial, est orienté suivant la méridienne. Pour les hôtes, la place d'honneur est à la gauche du maître de maison, c'est-à-dire à l'est, parce que c'est le côté du principe *yang* et du printemps. Le culte de famille est ainsi lié à la cosmologie, toujours présente dans les rites de la vie publique et privée.

Comme conséquence de ces idées, il est arrivé, en Chine, que le type de l'homme normal, de l'homme sage, est conçu hiératiquement assis face au sud. C'est pourquoi les cartes célestes ou terrestres supposent l'observateur face au sud, à l'inverse des nôtres qui placent le nord en haut (cp. les fig. 5 et 6, p. 198). C'est pour cette même raison, j'imagine, que l'homme sage, l'homme supérieur tel qu'il est conçu par la philosophie antique, est désigné par l'expression *kiun-tseu,* « le prince-philosophe » ou « le philosophe princier ». Le type de la perfection humaine est en effet le sage, assis sur le trône, symbole de l'étoile polaire, et tourné vers le sud ; ce trône peut être le trône impérial, ou un trône princier, ou simplement celui du père de famille qui sait faire régner autour de lui l'ordre et l'harmonie en observant les rites[1].

L'assimilation de l'empereur à l'étoile polaire est particulièrement remarquable dans le traité philosophique *Hong-fan* du 11e siècle av. J.-C., inséré dans le *Chou king*. Ce traité, qui énumère les connaissances physiques et morales de l'époque, est divisé en neuf chapitres pour une raison cosmologique : toute entité, toute évolution prenant, aux yeux des Chinois, la figure d'un centre entouré par la révolution cosmique, huit chapitres sont consacrés à la périphérie et un au centre. Ce chapitre central est le cinquième parce que cette disposition le place au milieu de l'ouvrage[2]. Et il traite des devoirs du souverain en le

[1] C'est encore ce même concept fondamental qui a inspiré le titre du livre confucéen *Tchoung young* (Le centre invariable), que les sinologues, faute d'être familiarisés avec la cosmologie indigène, traduisent par *L'invariable milieu* en expliquant qu'il s'agit de la doctrine du « juste milieu », sans se douter que, pour les Chinois, ce juste milieu est le *centre invariable* dont l'étoile polaire est la manifestation la plus élevée dans la nature et dont le prince-philosophe est le modèle achevé dans l'ordre humain.

[2] En donnant cette explication dans mes *Origines*, j'ai montré qu'il s'agit d'une règle générale : dans les énumérations, l'élément central est placé au

désignant par l'expression *auguste sommet* qui s'applique également à l'étoile polaire[1].

Au temps de l'anarchie féodale, l'ancienne religion astronomique déchut et fut ravalée au niveau des magiciens et des sorcières. Lorsque la dynastie des *Han,* après avoir restauré l'ordre, put s'occuper de recueillir les traditions de l'antiquité, on vit l'empereur *Wou* subir l'influence d'une magicienne qui s'intitulait la princesse des Esprits et révérait, au-dessus de tous les dieux, une divinité suprême nommée *T'ai yi.* D'après le récit de *Sseu-ma Ts'ien*, il est déjà clair que ce *T'ai yi* (l'Unique suprême) n'est autre que l'étoile polaire puisqu'on le voit entouré par les génies des constellations circompolaires ; et le fait devient encore plus évident lorsqu'on observe que, dans la description uranographique compilée par ce même historien, il est dit que « l'étoile polaire est la résidence de *T'ai yi* »[2]. Après bien des hésitations l'empereur *Wou* se décida à restaurer le culte de *T'ai yi* et le cérémonial reconstitué confirme qu'il s'agit de l'étoile polaire. Ce cérémonial est d'ailleurs celui de l'ancien sacrifice *Kiao* célébré par le Fils du Ciel au solstice d'hiver, qui s'est perpétué jusqu'à nos jours sous le nom de sacrifice au Ciel, dont F. Farjenel a décrit la liturgie.

IV. — La théorie des cinq éléments.

La théorie dualistique du *yin* et du *yang*, avons-nous dit (p. 188), constitue la physique de l'antiquité, tandis que la théorie des cinq éléments en représente la chimie.

Cette théorie des cinq éléments est assurément très ancienne

milieu et c'est pourquoi le Souverain est symbolisé par les chiffres 5 et 9 : « Nous, la prééminence du 5 et du 9 ». Il y a, en effet, 4 saisons subdivisées en 8 demi-saisons (voyez p. 196), d'où les deux séries 1, 2, **5**, 3, 4 et 1, 2, 3, 4, **9**, 5, 6, 7, 8.

[1] Dans le traité uranographique de *Sseu-ma Ts'ien,* compilé d'après les documents de la dynastie *Tcheou,* l'étoile polaire est appelée Faîte du ciel. Dans l'ère moderne on la nomme souvent *Ti sing,* l'étoile impériale.

[2] Le P. Gaubil n'a pas eu connaissance de ces textes, qui l'eussent bien intéressé. Inversement, Ed. Chavannes, le traducteur du grand historien chinois, n'a pas eu connaissance de l'induction du P. Gaubil au sujet des étoiles polaires de l'antiquité et a cru que *T'ai yi* était une création de la

puisque dans maint chapitre du *Chou king* (recueil constitué bien des siècles avant Confucius) on la voit intervenir dans les événements et les discours de la haute antiquité. Cette lointaine origine ne semblera nullement invraisemblable à quiconque aura réfléchi à la valeur scientifique de l'œuvre accomplie par les fondateurs du système astronomique chinois (fig. 11) et aux preuves qui en fixent la date aux environs du 24me siècle[1]. On doit présumer cependant que cette théorie est postérieure de plusieurs siècles à la création des *sieou* symétriques, car elle implique la connaissance du métal; or, d'après une tradition relatée par un personnage du 5me siècle, les Chinois n'auraient connu le bronze qu'à partir de la 1re dynastie (fondée vers le 21me siècle) et en étaient encore à la période de la pierre polie (jade et silex) au temps des souverains légendaires[2].

L'essentiel de la théorie chinoise, ce n'est pas seulement qu'elle comprend cinq éléments (et non quatre comme celle des Grecs et des Hindous), c'est surtout son caractère cosmologique. L'astronomie étant, en Chine, la science primordiale et la division de la sphère céleste en cinq régions, dont une centrale et quatre périphériques, étant considérée comme la formule générale de l'univers, l'explication des transformations de la nature a été logiquement cherchée dans une théorie quinaire en rapport avec la révolution annuelle des saisons.

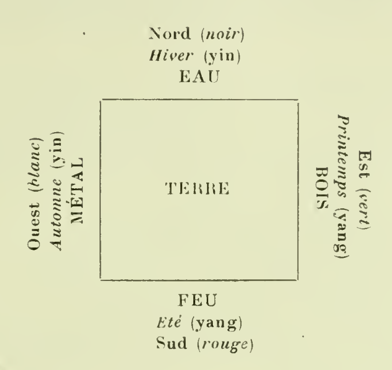
Aux cinq palais célestes correspondent, dans le monde terrestre, la région centrale entourée des quatre régions cardinales.

raison abstraite (*Les Mémoires historiques de Sseu-ma Ts'ien*, t. I, p. XCVII; t. III, pp. 485 et 512).

[1] Aux preuves indiquées plus haut, il est intéressant d'ajouter la vérification indiquée dans mon étude sur le zodiaque lunaire (*Arch. 1919*, mars): l'étoile Vega, dont l'ascension droite varie rapidement par suite de sa proximité du pôle et qui faisait partie du système primitif, a été remplacée, dans le système chinois, par β Capricorne, dont l'ascension droite est précisément la même que celle de Vega au 24me siècle (fig. 3).

[2] Voyez Hirth, *History of ancient China*. — Tout en admettant l'objection, je ne la considère pas comme entièrement probante. Si les Chinois des premiers siècles n'ont employé ni le fer ni le bronze, ils connaissaient sûrement l'or dont le nom *(kin)* est, même de nos jours, le seul terme générique signifiant *métal*. Le signe idéographique de l'or fait partie des caractères les plus archaïques de l'écriture chinoise et les noms de tous les autres métaux s'orthographient par le radical *Kin* combiné avec une phonétique.

L'élément central est tout naturellement la *terre,* dont le nom, en chinois comme en français, s'applique à la fois au monde terrestre et à la substance du sol. Et les quatre éléments périphériques, correspondant aux points cardinaux et aux quatre saisons[1], sont le bois (E), le feu (S), le métal (W) et l'eau (N).



L'association de l'*eau* à l'hiver et du *feu* à l'été se comprend d'elle-même puisque ces deux éléments représentent les deux principes *yin* et *yang*, l'un humide et froid, l'autre sec et chaud. Celle du *bois* au printemps s'explique aussi d'emblée puisque c'est la saison de la pousse des végétaux. Quant à l'association du *métal* à l'automne, elle se justifie dans les idées chinoises par le fait que le métal coupe et détruit, de même que l'automne, saison de déclin (*yin*), détruit l'œuvre du printemps, saison de croissance *(yang)*[2].

Cette révolution des cinq éléments étant, dans le cadre de la révolution encore plus générale du *yin* et du *yang,* la formule

[1] Sur l'association des saisons aux points cardinaux, voyez *Arch. 1919*, mai, p. 197.

[2] Dans la Chine antique (et moderne) la guerre était conçue comme un acte de défense ou, quand elle était offensive, comme un acte de punition. Les peuplades barbares et nomades dont elle était entourée faisaient leurs incursions de pillage lorsque les greniers étaient pleins, c'est-à-dire en automne; d'autre part les Chinois, peuple agriculteur, n'entreprenaient une expédition de châtiment qu'après la rentrée des récoltes. Double raison qui contribua à l'association de la guerre, des châtiments et du *métal* à l'automne. Les sessions judiciaires avaient lieu également en automne et l'on s'abstenait de procéder aux exécutions capitales dans les saisons *yang* pour ne pas troubler l'ordre de la nature.

synthétique des lois de la nature, tous les phénomènes y sont rattachés ; les couleurs, les saveurs, les notes de la musique, etc. sont adaptées au moule de la théorie quinaire.

La répartition quinaire des couleurs a une importance historique particulière à cause du rôle rituel qu'elle a joué et qui constitue une des preuves de l'antiquité de la théorie des cinq éléments.

Le *jaune* correspond au centre et à la terre, ce qui est conforme à la couleur de la Chine primitive, terrain d'alluvion.

Le *vert* correspond au bois, couleur de la végétation et du printemps.

Le *rouge* correspond au feu et à l'été.

Le *blanc* correspond au métal et à l'automne.

Le *noir* correspond à l'eau et à l'hiver.

Ces deux dernières associations ne sont pas directement accessibles à un esprit occidental ; elles supposent des idées chinoises qu'il convient d'expliquer.

L'Européen conçoit fort bien que le *noir* soit associé à l'hiver et au nord, siège du principe *yin* obscur et froid ; en opposition avec le rouge de l'été et du sud, siège du principe *yang* lumineux et brûlant. Mais il ne comprend guère comment le noir peut être considéré comme la couleur de l'eau. C'est cependant une idée familière aux Chinois, qui appellent l'eau le « breuvage sombre » ; cela provient de ce que l'eau en grandes nappes prend une teinte bleu foncé (qui en réalité n'est qu'un reflet). Or les primitifs ont une tendance à confondre le bleu foncé et le noir [1].

Quant à l'attribution du *blanc* au métal, elle peut s'expliquer d'abord par la nuance brillante des reflets métalliques, ensuite par la raison péremptoire qu'il ne restait plus l'embarras du choix.

[1] Les Chinois classent le bleu clair avec le vert, couleur du printemps, et le bleu foncé avec le noir. Le Dr Cureau (*Revue gén. des Sciences*, 1907) a fait la même constatation chez les nègres du Congo. Les Hindous considèrent aussi l'eau comme noire : « Ils venaient d'au delà l'eau noire, ainsi que les gens de l'Inde, avec une horreur mystérieuse, nomment la mer (Macaulay).

V. — Changements dynastiques et réformes de la doctrine.

Les anciens Chinois ayant conçu la théorie bino-quinaire comme régissant toute évolution, dans l'ordre moral comme dans l'ordre physique, l'avènement des dynasties, leur déclin et leur chute ont été considérés par eux comme un effet des lois de la nature, analogue à celui qui opère la révolution des saisons, des éléments et des couleurs.

Chaque dynastie règne donc par la vertu d'un élément. Cette croyance n'apparaît à l'état de doctrine didactique que sous les *Tcheou* ; mais, par le témoignage de Confucius[1], nous savons que les *Yin* (2me dynastie) avaient eu pour couleur officielle le *blanc* ; d'autres indices confirment qu'elle existait déjà sous la 2me dynastie et peut-être avant[2]. Dans la Harangue à *Kan,* un des plus anciens documents du *Chou king,* on voit le fondateur de la 2me dynastie haranguant ses troupes avant la bataille et reprochant à son adversaire d'avoir méprisé les *Cinq éléments* et négligé les *Trois normes.* Quelle que soit la signification controversée de ce dernier terme, ce discours montre l'importance religieuse qu'on attribuait à l'observation des lois physiques ou calendériques et l'idée que leur négligence causait la chute des dynasties.

Si la dynastie *Yin* avait pour couleur le *blanc,* qui correspond au *métal,* on en peut inférer qu'on considérait la première dynastie comme ayant régné par la vertu du *bois;* mais cela est hypothétique, car c'est seulement sous les *Tcheou* qu'on trouve men-

[1] Confucius (551-479) appartenait à une branche cadette des marquis de *Song* qui, eux-mêmes, continuaient la lignée de la dynastie détrônée des *Yin* et avaient reçu, suivant l'usage, cet apanage pour perpétuer les sacrifices ancestraux et les rites de cette dynastie.

Remarquons à ce propos que la descendance directe de Confucius, honorée d'un titre ducal, s'est perpétuée jusqu'à nos jours, où le duc actuel descend, à la 76e génération, du philosophe. Par les *Song* et les *Yin* (sans compter les ancêtres féodaux des *Yin*) il remonte authentiquement et également à 35 siècles en arrière. C'est la plus antique filiation du monde et un exemple typique du traditionalisme chinois.

[2] Le changement de calendrier en est un et le nom de *Houang ti* (l'empereur jaune) montre qu'on attribua de très bonne heure cette théorie aux souverains de la haute antiquité.

tionnée la théorie suivant laquelle les éléments se succèdent en se détruisant :

Le *bois* (E) triomphe de la *terre* (en l'absorbant)
Le *métal* (W) triomphe du *bois* (en le coupant)
Le *feu* (S) triomphe du *métal* (en le fondant)
L'*eau* (N) triomphe du *feu* (en l'éteignant)
La *terre* (centre) triomphe de l'*eau* (en l'absorbant)

La croyance en l'association des dynasties à un élément physique dont elles subissaient l'influence, a eu pour conséquence de faire créer, sous chaque dynastie, des rites particuliers en rapport avec l'élément dont elle dépendait. La chute d'une dynastie amenait donc le bouleversement des règles admises et cette coutume a été un bienfaisant correctif aux tendances trop conservatrices du peuple chinois. A l'avènement d'une nouvelle dynastie, toutes les innovations sont acceptées si on les présente comme en harmonie avec l'influx de la période débutante[1].

Parmi les réformes liées au changement de dynastie, il faut citer celle du calendrier. La première dynastie *(Hia)* avait conservé le calendrier de l'époque créatrice, où les trimestres correspondent aux palais célestes, dont les équinoxes et solstices marquent le milieu; de telle sorte que les dates cardinales tombaient toujours sur les 2[e], 5[e], 8[e] et 11[e] lunes.

[1] On se figurait naguère, en Europe, que la tresse de cheveux, à laquelle on voyait les Chinois si fidèles, datait d'un temps immémorial, alors que cette coiffure était simplement celle des Tartares, devenue officielle et obligatoire depuis l'avènement de la dynastie mandchoue (XVII[e] siècle) et fut abandonnée par le fait même de sa chute.

La tendance à justifier les réformes par une sorte d'affinité entre les phénomènes physiques et politiques a beaucoup contribué à la rapide transformation du Japon (dont la civilisation est chinoise) en naturalisant les innovations sous le couvert de la restauration du Mikado.

De même, le succès des Jésuites dans la réforme de l'astronomie et du calendrier chinois a été grandement facilité par le fait qu'elle s'est produite sous le premier souverain de la dynastie tartare et qu'elle s'est ainsi présentée comme une des transformations analogues décrétées au début d'autres dynasties. L'astrologie populaire elle-même s'est adaptée à cette réforme, comme on peut le voir, par exemple, sur un almanach chinois (de 1831) de la Bibl. publ. de Genève, où l'ordre sidéral suit le mouvement vrai du soleil en sens inverse des signes chinois.

La dynastie des *Yin* avança d'un mois le début de l'année; puis la dynastie des *Tcheou* l'avança encore d'un mois. De telle sorte que les équinoxes et solstices (E, S, W, N) ne marquèrent plus le milieu des saisons. Ces réformes eussent été admissibles si l'on avait changé aussi la position des saisons par rapport au



Fig. 15. — Le P. Adam Schal, S. J. missionnaire en Chine au XVIIe siècle.

numérotage des mois. Mais on maintint le nom de *printemps* aux 1[e], 2[e], 3[e] lunes, de telle sorte qu'on arriva, sous les *Tcheou*, à ce résultat paradoxal de nommer *printemps* l'époque correspondant à notre hiver, comme on le voit sur le tableau suivant.

Cette aberration, contre laquelle Confucius n'a cessé de protester, est intéressante à étudier au point de vue de l'histoire des idées, car elle provient de conceptions philosophiques et constitue peut-être le plus ancien témoignage montrant la science humaine aux prises avec le mystère de la précession des équinoxes.

Calendrier des diverses dynasties[1].

Romain	Signes		Hia	Yin	Tcheou	Ts'in	Han
	N =	子	11	12	1	2	11
Hiver		丑	12	1	2 (Printemps)	3 (Printemps)	12
		寅	1	2 (Printemps)	3	4	1
	E =	卯	2 (Printemps)	3	4	5	2 (Printemps)
Printemps		辰	3	4	5	6	3
		巳	4	5	6	7	4
	S =	午	5	6	7	8	5
Été		未	6	7	8 (Automne)	9 (Automne)	6
		申	7	8 (Automne)	9	10	7
	W =	酉	8 (Automne)	9	10	11	8 (Automne)
Automne		戌	9	10	11	12	9
		亥	10	11	12	1	10

Nous avons vu que le système des *sieou* et des palais célestes avait été établi d'après la situation sidéro-solaire au 24e siècle. A l'avènement de la 2e dynastie, ce système retardait donc de 8 siècles en ce qui concerne les équinoxes et solstices, et même de 11 siècles en ce qui concerne le Nouvel an (début du printemps)[2]. Cela n'avait d'ailleurs, objectivement, aucune impor-

[1] Les signes chinois symbolisent les 12 mois astronomiques de l'année tropique commençant au solstice d'hiver. Mais ces douze mois étant répartis à raison de 3 par palais (Cf. mai, pp. 194 et 205) les solstices et équinoxes (N, E, S, W) marquent le *milieu* des signes cardinaux, et non leur origine comme dans notre système.

Les mois civils (lunaisons) étant plus courts que les signes, on rétablit périodiquement la concordance en intercalant un mois supplémentaire, qui porte le numéro *bis* du précédent, sans jamais déranger la position des mois cardinaux.

Le principe fondamental de cette concordance entre l'année calendérique et l'année tropique repose sur l'observation du solstice d'hiver par le gnomon : la date du solstice (N) ne doit jamais sortir de la lunaison solsticiale.

[2] L'ancien repère du début de l'année et du printemps, l'étoile *Kio*, vestige de l'époque du zodiaque lunaire, avait été maintenu lors de la

tance pour le calendrier, celui-ci étant basé sur l'observation du solstice et non sur un procédé sidéral. Mais le calendrier, en Chine, n'est pas envisagé seulement sous le rapport utilitaire; il émane du Fils du Ciel, chargé de mettre d'accord « les nombres de la Terre avec ceux du Ciel ». Les croyances astronomico-religieuses s'étant constituées bien avant l'apparition de la méthode solsticiale, c'est le firmament, en ses divers quartiers, qui est considéré comme le siège des influences physiques et métaphysiques[1]. A l'avènement de la 2e dynastie, conformément aux idées exprimées dans la Harangue à *Kan*[2], on vit probablement un signe des temps dans le fait que le début de l'année ne correspondait plus aux étoiles et l'on pensa légitimer le mandat céleste *(T'ien ming)* de la nouvelle dynastie par un changement de calendrier signifiant qu'une ère nouvelle commençait, rétablissant l'accord de la Terre et du Ciel[3].

création du système symétrique, ce qui explique l'inexactitude du couple 12-26 et l'inégalité des couples de palais dont les limites sont fausses quoique leurs centres soient exacts (fig. 11).

[1] Cette idée, qui s'est perpétuée tout au long de l'histoire chinoise s'exprime d'une manière intéressante, sous la dynastie *Han*, dans l'édit promulgué à l'occasion du rétablissement du calendrier sous la forme antique (l'an 104 av. J.-C.). La commission nommée à cet effet plaça la date du solstice d'hiver dans la 11e lune et détermina son lieu sidéral, mais elle ne put naturellement pas faire concorder les saisons avec les antiques divisions stellaires, puisque leur situation n'était plus la même. L'empereur s'en déclare « très affligé ». Il regrette de n'avoir pu imiter *Houang ti*, qui acquit l'immortalité en trouvant l'accord entre le Ciel et la Terre. (*Houang ti* est l'empereur légendaire dont le règne est placé par l'ancienne chronologie au 24e siècle, précisément à l'époque où le système chinois concorde avec la situation sidéro-solaire). Cf. les *Mémoires de Sseu-ma*, dont la traduction CHAVANNES se trouve dans les bibliothèques publiques, tome III.

[2] « Ohé, hommes des six armées... Le prince de *Hou* méprise avec hauteur les cinq éléments; il néglige et abandonne les trois normes. C'est pourquoi le Ciel supprime et interrompt son mandat; maintenant je ne fais qu'exécuter avec respect le châtiment céleste. » *(Chou king)*.

[3] Le fait que, dès cette époque, on considérait le changement de dynastie comme devant entraîner des modifications rituelles, est confirmé par la tentative de la 2e dynastie de changer le dieu du sol (Cf. le *Chou king*, trad. LEGGE).

Les sinologues ont interprété autrement ce changement du premier mois. D'après M. H. Parker *(Ancient China simplified)*, qui présente cette explication comme allant de soi et résumant l'opinion admise, les dynasties

Pour établir réellement cet accord, il aurait fallu, non pas avancer, mais retarder d'un mois le calendrier. En effet l'équinoxe (d'automne), autrefois au milieu du palais du printemps, se déplaçant parmi les étoiles dans le sens des aiguilles d'une montre, tendait à se rapprocher de *Kio*. Le *palais du printemps* qui contenait autrefois les pleines lunes de la *saison du printemps* (1, 2, 3) tendait à contenir les pleines lunes des mois 2, 3, 4. Il aurait donc fallu appeler *premier mois* celui qu'on appelait *deuxième* dans le calendrier originel, c'est-à-dire le mois contenant l'équinoxe. Les saisons chinoises seraient alors restées en concordance, pendant vingt siècles, avec les palais sidéraux et auraient mieux correspondu avec les saisons météorologiques. Mais alors les équinoxes et solstices n'auraient plus pu être considérés comme le centre des palais célestes.

Une telle solution, qui implique la découverte et la claire compréhension de la loi de précession, ne pouvait être envisagée par les Chinois de l'antiquité. Pour eux, les palais célestes, créés déjà depuis une dizaine de siècles, n'étaient pas une institution humaine et conventionnelle, mais représentaient les lois mêmes de la nature. Il ne s'agissait pas de mettre le ciel d'accord avec les saisons terrestres, mais au contraire de mettre les « nombres de la Terre » d'accord avec ceux du Ciel. Or le palais du printemps qui contenait autrefois les pleines lunes des mois 1, 2, 3 de l'année civile, tendait maintenant à contenir les pleines lunes 2, 3, 4. L'ancienne distribution des pleines lunes semblait se déranger et tendait à se répartir ainsi dans les palais :

	N	E	S	W
	11. 12. 1.	2. 3. 4.	5. 6. 7.	8. 9. 10.
au lieu de :	10. 11. 12.	1. 2. 3.	4. 5. 6.	7. 8. 9.

On pensa donc se conformer aux indications du ciel en avançant d'un mois le début de l'année[1].

Yin et *Tcheou* durent changer l'origine de l'année pour compenser l'erreur progressive qui s'accumulait depuis la haute antiquité dans la règle d'intercalation. Nous verrons, en traitant plus loin du calendrier, que cette interprétation est inadmissible.

[1] Cette explication du changement de calendrier est une simple hypothèse. Mais elle est vraisemblable parce que conforme à la mentalité chinoise, dont on peut citer maint exemple analogue d'illogisme : chacun sait

Toutefois, cette correction d'un mois (30°) pour un dérèglement d'environ 15° anticipait sur l'avenir; on ne peut donc pas justifier par la même explication la nouvelle avance d'un mois que les *Tcheou* imposèrent au début de l'année civile. Cette avance, à mon avis, a simplement pour cause la croyance en la nécessité d'opérer des changements à l'occasion du renouvellement de la dynastie. Le précédent des *Yin* ayant acquis une valeur rituelle, on avança d'un mois encore la date du Nouvel an. Puis, lors de la décadence des *Tcheou,* les princes de *Ts'in,* ne reconnaissant plus la souveraineté impériale, firent acte d'indépendance en avançant encore d'un mois, dans leur pays, le début de l'année, innovation qu'ils imposèrent à l'empire lorsqu'ils fondèrent la 4e dynastie[1]. Après leur chute rapide, les *Han,* arrivés au pouvoir, furent sollicités, pour des raisons rituelles et superstitieuses, de changer le début de l'année, ce qu'il firent en l'an 104 av. J.-C. en rétablissant judicieusement le calendrier de la haute antiquité qui resta, dès lors, inamovible.

On voit ainsi que le premier changement calendérique, opéré au 16e siècle par la 2e dynastie avait une cause rituelle vaguement justifiée par l'effet de la précession; mais que les changements opérés par les 3e et 4e dynasties s'expliquent seulement par des motifs rituels et politiques.

Réforme de la théorie dualistique. — L'avènement des *Tcheou* n'amena pas seulement une réforme du calendrier; il consacra une nouvelle théorie du *yin* et du *yang.*

D'après la doctrine de la haute antiquité, telle qu'elle est résumée par les trigrammes de *Fou-hi,* le *yin,* principe obscur, humide et froid, correspond au nord, tandis que le *yang,* principe lumineux, sec et chaud, correspond au sud. A partir de l'avènement des *Tcheou,* c'est la doctrine inverse, manifestée dans le *Yi king,* qui devient officielle. Cette réforme est la

que les Chinois représentent la perspective à l'envers, faisant diverger les lignes qui devraient converger. Quoi qu'il en soit, les changements de calendrier des 3e, 4e et 5e dynasties sont, en tous cas, d'ordre rituel et astrologique. Tout porte à croire qu'il en a été également ainsi du changement décrété à l'avènement de la 2e dynastie.

[1] Cela dépassait tellement la mesure qu'on limita l'emploi de cette nouvelle numérotation des mois aux actes officiels, sans changer les habitudes du peuple.

conséquence d'une évolution qui se poursuivait depuis longtemps et dont on peut reconstituer les étapes.

La série dualistique primitive se déroulait tout entière sur le Contour du ciel (équateur), les palais nord et sud étant les régions où le soleil subit l'influence maxima du *yin* et du *yang*. Dans cette théorie, le Pôle, placé à égale distance des diverses régions de l'équateur, est *neutre* puisque c'est lui qui engendre les deux principes. On ne peut cependant empêcher la notion de *nord* de s'attacher au pôle, puisque cette notion dérive précisément du fait que le pôle n'est pas au zénith mais au-dessus d'un certain point de l'horizon appelé *nord*. Quoique le pôle soit considéré comme le Centre, comme l'Unité suprême *(T'ai yi)*, il arrive forcément qu'il soit associé au nord et par conséquent au *yin*. Or, si le ciel polaire, le ciel central, le Ciel proprement dit[1], est *yin*, il s'en suit que la Terre est *yang*. Mais il y a là une inconséquence, car le Ciel est supérieur, la Terre est inférieure. Le Ciel est actif, il féconde la Terre élément réceptif[2].

Le sentiment de cette contradiction amène une évolution dans les idées. Autrefois le dieu (ou génie) du sol était un personnage masculin et on l'appelait le « prince *Terre* »[3]. Mais à mesure qu'on s'habitue à considérer la Terre comme le corrélatif

[1] Comme Confucius le fait remarquer, l'idéogramme chinois signifiant Ciel se compose des signes *grand* et *un*, c'est-à-dire le *grand Unique* ou l'*Unicité suprême*. Le Pôle et le Ciel sont donc philosophiquement la même entité, la partie essentielle étant prise pour le tout.

[2] Cette inconséquence se produit seulement quand on attribue un sexe au pôle et ne se manifeste pas dans la théorie primitive. Comme les Chaldéens, les anciens Chinois ont considéré l'élément humide comme primordial; le monde est sorti d'un chaos liquide, de même que l'année naît, au solstice d'hiver, dans les ténèbres et l'humidité. C'est pourquoi l'on dit *yin-yang* et non *yang-yin*.

[3] C'était *Keou-long*, un dignitaire de la haute antiquité qui avait probablement rendu des services à l'agriculture. Le culte des ancêtres élève les morts à la divinité, comme les *dieux infernaux* des Gréco-romains.

En Chine, ces divinités secondaires sont censées subir l'autorité du Fils du Ciel. Jusqu'à ces dernières années, le journal officiel a enregistré des édits impériaux accordant des titres honorifiques aux génies des monts et des eaux, ou leur infligeant des blâmes et des destitutions. Nous avons vu que la dynastie *Yin* voulut changer le dieu du sol mais n'y réussit pas.

du Ciel, le sens de l'expression *(heou T'ou)* se modifie et prend une acception féminine : *Heou t'ou* « la Souveraine terre ».

Les changements de dynastie étant considérés comme des époques où de profondes transformations s'accomplissent dans l'ordre physique et moral, et où il est opportun, par conséquent, de modifier les symboles, c'est à l'avènement des *Tcheou* que la conception nouvelle du couple Ciel-Terre reçoit une consécration officielle. Cette réforme avait été préparée par le roi *Wen*, comme une sorte de testament politique présageant le mandat céleste dont ses descendants allaient être bientôt investis[1]. La caractéristique de cette réforme, qui se manifeste dans le *Yi king*, est que la Terre est dorénavant le corrélatif du Ciel et qu'elle établit entre le Ciel et les éléments un lien donnant naissance à une série de six termes :

	Ciel		ou bien		Ciel	
	Terre				Terre	
Feu. Métal.		Bois. Eau.		S W		E N

La terre est ainsi le trait d'union entre le ciel et les éléments, car elle peut être considérée comme le corrélatif du ciel ou comme l'un des cinq éléments. Cette série de six termes sert de cadre, comme je l'ai montré, au rituel et à la division administrative de la troisième dynastie.

La nouvelle doctrine cosmologique qui apparaît avec les *Tcheou* a eu pour conséquence d'amener le renversement de l'ordre des trigrammes de *Fou-hi*, le symbole du *yin* passant au sud et celui du *yang* le remplaçant au nord (fig. 16-17). On tente de justifier cette interversion en faisant observer que le *yang* naît au nord et le *yin* au sud.

[1] Sous le dernier souverain de la dynastie *Yin*, violent et débauché, les regards du peuple se tournaient vers un des seigneurs féodaux, le prince de *Tcheou*, qui semblait destiné à recueillir sa succession. Ce prince, à cause de son influence grandissante, fut incarcéré ; et c'est dans sa prison, dit-on, qu'il écrivit le *Yi king*, livre de divination où se reflètent les notions physiques et morales de l'antiquité. Confucius tenait en haute estime cet ouvrage qui a pris rang parmi les cinq livres canoniques.

Le prince de *Tcheou* fut canonisé lui-même sous le titre posthume de « roi *Wen* » par son fils, le roi *Wou*, qui renversa la dynastie *Yin* et fonda celle des *Tcheou* vers l'an 1100 av. J.-C.

On n'a d'ailleurs pas osé pousser jusqu'à l'absurde le syncrétisme de la nouvelle doctrine en intervertissant les éléments solsticiaux et en plaçant l'*eau* au sud, le *feu* au nord. L'auteur du *Yi king* avait d'ailleurs bien senti que son système, développé logiquement, aboutissait à des inconséquences; aussi avait-il disposé les huit trigrammes (amplifiés en 64 hexagrammes) dans un ordre arbitraire, plus favorable aux fantaisies mystiques de l'art divinatoire que la succession rigoureuse des phases tropiques (fig. 18).

D'une manière générale, la réforme cosmologique des *Tcheou*, comme leur réforme calendérique, ne concordait pas avec la belle

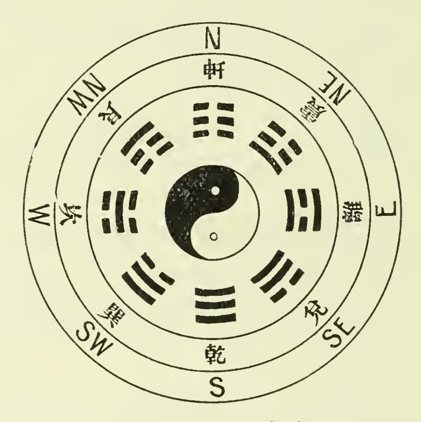


Fig. 16. — Trigrammes cosmologiques de *Fou-hi*.

ordonnance, synthétique et symétrique, du système chinois primitif. L'une et l'autre tombèrent en désuétude. Seul, leur concept fondamental survécut, à savoir la déification de la Terre comme puissance métaphysique féminine, corrélative du Ciel. Le culte de *T'ai yi* sous les premiers *Han* fut une tentative de rétablir le concept religieux unitaire de la haute antiquité et de Confucius; mais elle n'a pas prévalu. Le double sacrifice impérial, d'abord au Ciel, puis à la Terre, s'est maintenu jusqu'à la fin de la monarchie.

Réforme avortée des palais célestes. — Une autre réforme cosmologique qui n'a pas abouti, mais dont les vestiges ont été conservés par le symbolisme zoaire et par la liste des anciens mois

tures, a prétendu supprimer l'ordre fictif des saisons sidérales chinoises.

Le soleil, dans son mouvement annuel parmi les constellations se meut en sens rétrograde, inverse de son mouvement diurne. Il séjourne au printemps dans la région sidérale nommée palais de l'*automne,* et en automne dans la région sidérale appelée palais du *printemps* (Mai, p. 197). On a tenté de supprimer cette interversion en plaçant le printemps à l'ouest, l'automne à l'est.

Il est vraisemblable que cette tentative de réforme a eu lieu sous les *Tcheou*[1] car, sous cette dynastie, le côté honorifique a été la droite, tandis qu'il est à gauche dans les rites normaux,



Fig. 17. — Trigrammes cosmologiques de la dynastie *Tcheou*.

conformes au système astronomique chinois, attestés par les documents antiques[2]. Au temps de *Sseu-ma Ts'ien* la place de préséance était encore à droite, parce que la restauration des anciens rites se fit lentement, au fur et à mesure que l'érudition discernait mieux l'unité du système originel et en dégageait la tradition, embrouillée par les innovations des *Tcheou* puis par l'anarchie féodale et l'incendie des livres.

[1] En découvrant dans le symbolisme zoaire les traces de cette réforme, j'ai commis l'erreur de l'attribuer (sous réserves, d'ailleurs) à la haute antiquité (*Toung pao*, 1910, p. 478).

[2] Le prince étant assis face au sud, l'est et le printemps sont à sa gauche, l'ouest et l'automne à sa droite (voy. ci-dessus, p. 572).

On s'explique aisément l'insuccès d'une telle réforme. Le grand mérite du système chinois est de généraliser toutes les révolutions (annuelle, diurne, azimutale, etc.) en les ramenant à un seul type, auquel s'appliquent les mêmes séries de notation : les trigrammes de *Fou-hi*, les douze signes et les symboles zoaires. En voulant rétablir le sens annuaire réel en plaçant le printemps à l'ouest, on se heurte à l'unité et à la popularité du symbolisme traditionnel. La constellation du Dragon,

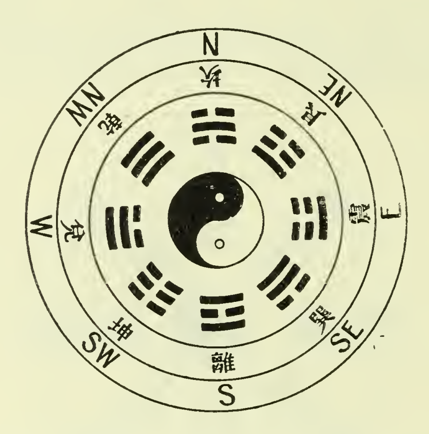


Fig. 18. — Trigrammes astrologiques du roi *Wen*.

emblème du printemps, ne peut être arrachée du palais oriental. Le *coq,* symbole du matin, de l'est et du printemps, se trouve dépaysé si on le transporte à l'ouest. D'autre part, la révolution annuelle du firmament tombe bien moins sous les sens que la révolution diurne du soleil, laquelle associe le matin à l'est. La réforme n'a donc pas été durable ; mais, chose curieuse, après qu'on y eut renoncé, certains animaux sont restés à leur place intervertie, ce qui démontre que la réforme avait été réellement adoptée par le peuple pendant un certain temps.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AUX

FORTIFICATIONS DE SAINT-MAURICE

pendant l'année 1918.

RÉSUMÉ ANNUEL

PAR

Raoul GAUTIER
Directeur de l'Observatoire de Genève

ET

Ernest ROD

I. *Introduction.* — Depuis l'année 1918 nous avons sensiblement abrégé la publication mensuelle des observations météorologiques faites aux Forts de St-Maurice. Nous raccourcissons aussi au minimum ce résumé annuel, et nous nous bornerons aux quelques remarques nécessaires pour commenter les tableaux.

Nous avons cessé de réduire les observations de la *pression atmosphérique;* les tableaux qui la concernent, disparaissent donc du résumé. Les autres subsistent presque tous et se rapportent aux autres éléments climatologiques observés : *température, humidité, nébulosité, pluie* et *neige;* puis nous avons maintenu les indications relatives au *brouillard,* aux *orages* et au *fœhn.*

De même que pour les résumés mensuels et annuel pour Genève et le Grand St-Bernard, nous avons adopté la notation des heures du jour de 1 à 24 et nous avons indiqué les heures d'observation en temps moyen de l'Europe centrale (7 1/2, 13 1/2

et $21^1/_2$). — Nous avons aussi imprimé dans les tableaux de ce résumé, comme dans les tableaux mensuels, en **caractères gras**, tous les chiffres extrêmes qui ne sont pas relevés au bas des tableaux. Ceux-ci sont ainsi rendus plus parlants et cela évite bien des commentaires dans le texte qui les accompagne.

Nous signalons une différence entre le dernier tableau (XIV) de ce résumé et celui des résumés antérieurs : les *écarts* sont établis par rapport aux *nouvelles moyennes* que nous avons publiées l'année dernière[1] ; et les écarts de la fraction de saturation viennent y remplacer ceux de la pression atmosphérique.

Les quatre stations sont restées les mêmes : *Lavey-village, Savatan, Dailly* et l'*Aiguille,* les deux du milieu étant seules des stations complètes. — Le service des observations est toujours confié aux sous-officiers de la garnison et nous profitons de cette occasion pour remercier M. le Colonel Grosselin, commandant des fortificatious de St-Maurice, ainsi que les officiers et le personnel placés sous ses ordres, pour la manière dont les observations ont été faites en 1918. Grâce à l'obligeance de M. le Colonel Grosselin, le directeur de l'Observatoire de Genève a pu, en septembre 1918, procéder à la vérification des instruments de la station de Dailly et faire faire celle des instruments de Savatan. Les corrections diffèrent à peine de celles qui avaient été déterminées antérieurement[2], et il a été tenu compte de ces légers changements à partir de cette époque.

II. *Température.* — A propos des tableaux I, II et XIV, il y a à noter que 1° l'année météorologique a été un peu plus froide et l'année civile un peu plus chaude que la moyenne aux deux stations à cause de la différence considérable des températures des deux mois de décembre ; 2° *l'amplitude annuelle* dépasse la moyenne (17°,5 à S. et 14°,8 à D.) pour l'année météorologique (20°,3 à S., 17°,5 à D.) et reste au-dessous pour l'année civile (16°,4 à S., 12°,7 à D.).

La *décroissance de la température avec l'altitude* est maximum

[1] Raoul GAUTIER et Ernest ROD, moyennes de 10 à 20 ans pour les éléments météorologiques observés aux fortifications de St-Maurice, 1908—1917 et 1898—1917. *Arch. 1918*, vol. 46, p. 151.

[2] Voir au résumé de l'année 1912.

en avril, elle est minimum et même renversée en janvier, la température de Dailly dépassant celle de Savatan. Voici les chiffres calculés pour les saisons, en tenant compte de la différence d'altitude des stations qui est de 564 m :

Hiver	0°,13	soit	0°,02	pour	100 m
Printemps	3,59	»	0,64	»	»
Eté	3,53	»	0,63	»	»
Automne	2,02	»	0,36	»	»

Les *cas d'inversion de la température* entre les deux stations sont indiqués ci-après :

Décembre	1917	14 jours	Septembre	1918	2 jours
Janvier	1918	18 »	Octobre	»	5 »
Février	»	9 »	Novembre	»	8 »
Mars	»	1 »	Décembre	»	10 »
Année météor.		57 jours	Année civile		53 jours

A propos des tableaux III à VI, il y a seulement à noter, de nouveau, le contraste entre l'année météorologique et l'année civile. — L'*amplitude absolue* entre les températures extrêmes atteint les chiffres suivants, qui sont voisins de ceux de l'année 1917 et supérieurs à la moyenne des années antérieures :

	Savatan	Dailly
Année météorologique	44°,9	44°,7
» civile	41,6	42,8

III. *Humidité.* — Les tableaux VII et VIII relatifs à la fraction de saturation renseignent sur la variation annuelle de cet élément aux deux stations. Les hygromètres de Lambrecht ne donnent malheureusement pas des valeurs que l'on puisse considérer comme absolues, mais les indications relatives sont cependant intéressantes. Quant aux *écarts* du tableau XIV, c'est la première fois qu'ils figurent dans ce tableau et ils ne sont pas comparables pour les deux stations : nous rappelons en effet que les moyennes de Savatan correspondent aux 15 années de 1903 à 1917; tandis que pour Dailly, les années de 1911 à 1915 manquent; or ces années-là avaient été particulièrement sèches; de là probablement la différence entre les écarts.

I. TEMPÉRATURE. SAVATAN (689m), 1918.

Période	7 h. 1/2	13 h. 1/2	21 h. 1/2	Temp. moyenne $\frac{7^1/_2+13^1/_2+21^1/_2}{3}$	$\frac{7^1/_2+13^1/_2+2\times21^1/_2}{4}$	Min. moyen	Max. moyen
	°	°	°	°	°	°	°
Décembre 1917	−4.07	−1.62	−3.50	**−3.06**	**−3.17**	**−5.6**	−0.4
Janvier 1918. .	−0.29	2.45	0.47	**0.87**	**0.77**	**−2.1**	4.0
Février	−0.82	4.27	1.50	1.65	1.61	−2.0	5.7
Mars.	1.62	7 88	4.41	4.64	4.58	0.6	9.5
Avril.	5.07	10.74	6.97	7.60	7.44	3.9	12.4
Mai	9.51	18.44	12.83	13.59	13.40	8.3	19.8
Juin	9.64	17.60	13.32	13 52	13.47	8.2	19.5
Juillet	13.34	21.11	17.12	**17.19**	**17 17**	12 1	22.7
Août	13.31	21.49	16.74	17.18	17.07	12.1	**23.0**
Septembre. . .	12.01	16.63	13.29	13.99	13.81	10.1	18.1
Octobre	5.36	10 18	7.32	7.61	7.54	4.5	10.8
Novembre . . .	2.56	5.75	3.99	4.09	4.07	1.2	6.7
Décembre . . .	1.75	4.14	2.15	2.68	2.55	0.4	4.9
Hiver	−1.76	1.62	−0.57	−0.24	−0.32	−3.3	3.0
Printemps. . .	5 40	12.37	8.08	8.62	8.49	4.3	13.9
Été.	12.13	20.09	15.75	15.99	15.93	10.9	21.7
Automne. . . .	6.63	10.85	8.19	8.55	8.46	5.3	11.9
Année météor.	5.64	11.29	7.91	8.28	8.19	4.3	12.7
» civile. .	6.13	11.77	8.39	8 76	8.67	4.8	13.1

II. TEMPÉRATURE. DAILLY (1253m), 1918.

Période	7 h. 1/2	13 h. 1/2	21 h. 1/2	Temp. moyenne $\frac{7^1/_2+13^1/_2+21^1/_2}{3}$	$\frac{7^1/_2+13^1/_2+2\times21^1/_2}{4}$	Min. moyen	Max. moyen
	°	°	°	°	°	°	°
Décembre 1917	−4.58	−2.08	−4.25	**−3.64**	**−3.79**	**−6.7**	−0.9
Janvier 1918. .	−0.12	3.04	0.83	**1.26**	1.15	**−2.3**	4.8
Février	−0.35	4.06	0.23	1.31	**1.04**	−1.9	5.4
Mars.	−0.44	4.22	0.79	1.53	1.34	−1.7	6.1
Avril.	2.27	5.66	2.73	3.55	3.35	1.3	7.2
Mai	8.18	12.98	9.32	10.16	9.95	6.6	14.5
Juin	8.67	12.32	9.34	10.11	9.92	6.7	13.8
Juillet	11.88	16.04	13.55	**13.81**	**13.75**	11.0	17.5
Août	11.48	16.32	13.02	13.61	13.46	10.2	**17.9**
Septembre. . .	10.21	13.80	11 55	11.85	11.78	8 4	15.9
Octobre	3.58	7.32	4 40	5.10	4.92	2.2	8.6
Novembre . . .	1.81	4 64	2.12	2 85	2.67	0.4	5.9
Décembre . . .	1.17	3.73	1.92	2 27	2.18	−0.8	5.1
Hiver	−1.73	1.59	−1.11	−0.42	−0.59	−3.7	3.0
Printemps. . .	3.35	7.64	4.30	5.10	4 90	2.1	9.3
Été.	10 70	14.92	12.00	12.54	12.40	9.3	16.4
Automne. . . .	5.18	8.57	6.00	6 59	6.44	3.7	10.1
Année météor.	4.40	8.22	5.33	5.98	5.82	2.9	9.8
» civile. .	4.80	8.71	5.85	6.49	6.33	3.4	10.2

III. Classement des Températures diurnes. SAVATAN, 1918.

Période	Nombre de jours dont la température est comprise entre									Jour le plus froid	Jour le plus chaud
	$-15°$ et -10	$-10°$ et -5	$-5°$ et 0	$0°$ et $+5$	$+5°$ et $+10$	$+10°$ et $+15$	$+15°$ et $+20$	$+20°$ et $+25$	$+25°$ et $+30$	°	°
Déc. 1917. .	1	5	21	4	—	—	—	—	—	−11.4 le 28	4.3 le 1
Janv. 1918 .	—	4	12	7	6	2	—	—	—	− 9.4 le 9	11.1 le 22
Février. . .	—	—	10	10	8	—	—	—	—	− 4.4 le 17	6.4 le 23
Mars	—	—	3	13	15	—	—	—	—	− 1.6 le 2	9.7 le 25
Avril	—	—	—	7	17	6	—	—	—	0.5 le 21	14.0 le 14
Mai	—	—	—	—	3	20	8	—	—	8.9 le 14	17.3 le 23
Juin.	—	—	—	—	2	20	8	—	—	9.4 le 18	17.9 le 9
Juillet . . .	—	—	—	—	—	5	21	4	1	10.1 le 28	25.4 le 17
Août	—	—	—	—	—	9	15	7	—	11.0 le 30	23.7 le 23
Septembre .	—	—	—	—	2	17	9	2	—	8.5 le 24	20.1 les 17 et 19
Octobre . .	—	—	—	6	21	3	1	—	—	3.0 le 31	15.9 le 23
Novembre .	—	—	4	14	9	3	—	—	—	− 2.5 le 22	12.9 les 5 et 6
Décembre .	—	—	6	20	5	—	—	—	—	− 4.3 le 27	8.9 le 14
Année mét.	1	9	50	61	83	85	62	13	1	−11.4 le 28 déc.	25.4 le 17 juil.
» civ.	0	4	35	77	88	85	62	13	1	− 9.4 le 9 janv.	»

IV. Classement des Températures diurnes. DAILLY, 1918.

Période	Nombre de jours dont la température est comprise entre								Jour le plus froid	Jour le plus chaud
	$-15°$ et -10	$-10°$ et -5	$-5°$ et 0	$0°$ et $+5$	$+5°$ et $+10$	$+10°$ et $+15$	$+15°$ et $+20$	$+20°$ et $+25$	°	°
Déc. 1917. .	3	10	8	10	—	—	—	—	−13.2 le 27	4.1 le 1
Janv. 1918 .	1	4	7	11	8	—	—	—	−10.8 le 9	6.8 le 25
Février. . .	—	1	9	17	1	—	—	—	− 7.0 le 16	5.3 le 11
Mars	—	—	7	22	2	—	—	—	− 4.7 le 2	8.1 le 24
Avril	—	—	6	15	9	—	—	—	− 2.7 le 21	9.8 le 13
Mai	—	—	—	—	16	15	—	—	5.4 le 14	14.6 le 18
Juin.	—	—	—	1	12	17	—	—	4.7 le 18	14.9 le 14
Juillet . . .	—	—	—	—	2	22	5	2	6.9 le 28	22.8 le 17
Août	—	—	—	—	3	19	7	2	6.8 le 30	20.4 le 22
Septembre .	—	—	—	—	12	10	8	—	5.3 le 24	18.5 le 18
Octobre . .	—	—	—	17	13	1	—	—	0.6 le 9	11.3 le 23
Novembre .	—	—	7	12	9	2	—	—	− 3.1 le 17	11.9 le 6
Décembre .	—	2	8	12	9	—	—	—	− 6.7 le 27	8.7 le 5
Année mét.	4	15	44	105	87	86	20	4	−13.2 le 27 déc.	22.8 le 17 juil.
» civ.	1	7	44	107	96	86	20	4	−10.8 le 9 janv.	»

V. Températures extrêmes. SAVATAN, 1918.

Période	Minimum absolu	Date	Maximum absolu	Date	Nombre de jours: Minimum au-dessous de 0°	Nombre de jours: Maximum au-dessous de 0°
	°		°			
Décem. 1917 .	−13.9	le 28	7.3	le 1	30	18
Janvier 1918 .	−10.7	les 4 et 5	13.8	le 22	19	7
Février	− 9.3	le 17	12.1	le 23	17	1
Mars	− 3.1	les 1 et 2	17.3	le 25	10	1
Avril	− 1.9	le 21	19.7	le 14	4	—
Mai	4.1	le 31	24.5	le 22	—	—
Juin.	4.7	le 11	25.3	le 9	—	—
Juillet.	7 1	le 29	30.9	le 15	—	—
Août	5.3	le 31	30.3	le 23	—	—
Septembre . .	5.9	les 14 et 30	23.9	le 5	—	—
Octobre . . .	− 0 3	le 31	19.5	le 23	1	—
Novembre . .	− 5.5	le 24	15.3	le 5	12	—
Décembre. . .	− 7.9	le 27	11.9	le 14	12	2
Année météor.	−13.9	le 28 déc.	30.9	le 15 juillet	93	27
» civile .	−10.7	les 4 et 5 janv.	»		75	11

VI. Températures extrêmes. DAILLY, 1918.

Période	Minimum absolu	Date	Maximum absolu	Date	Nombre de jours: Minimum au-dessous de 0°	Nombre de jours: Maximum au-dessous de 0°
	°		°			
Décem. 1917 .	−15.9	le 28	7.4	le 11	28	16
Janvier 1918 .	−14.0	le 9	11.2	le 25	15	6
Février	−11.1	le 16	11.6	le 24	17	2
Mars	− 7.0	le 27	12.8	le 24	25	2
Avril	− 2.9	le 21	13.6	le 14	9	2
Mai	3.5	le 1	19.4	le 19	—	—
Juin.	1.5	le 11	18.9	les 9 et 14	—	—
Juillet.	5.4	le 28	28.8	le 17	—	—
Août	4.2	le 31	25.5	le 21	—	—
Septembre . .	1.7	le 30	22.7	le 16	—	—
Octobre. . . .	− 0.4	le 10	15.5	le 23	3	—
Novembre . .	− 5.0	le 20	16.6	le 6	17	4
Décembre . .	−10.0	le 27	11.7	le 6	15	4
Année météor.	−15.9	le 28 déc.	28.8	le 17 juil.	114	32
» civile. .	−14.0	le 9 janv.	»		101	20

IV. *Nébulosité.* — La distinction entre jours peu nuageux et jours très nuageux nous paraissant assez arbitraire, nous avons limité les indications du tableau IX aux nombres de jours

VII. Fraction de saturation en $^0/_0$. SAVATAN (689m), 1918.

Période	7 h. 1/2	13 h. 1/2	21 h. 1/2	Moy.	Minim. absolu	Maximum absolu		Fréquen. relative de la saturation
Décem. 1917	80	72	78	77	27	100	23 fois	0.247
Janvier 1918	71	66	73	70	21	100	22 »	0.236
Février . . .	72	51	62	62	26	100	7 »	0.083
Mars.	71	47	61	60	20	100	12 »	0.129
Avril.	82	56	68	69	23	100	20 »	0.222
Mai	80	44	60	61	24	100	7 »	0.075
Juin	85	52	57	64	18	100	19 »	0.211
Juillet	77	49	56	61	28	100	9 »	0.097
Août	75	42	53	**57**	26	95	— »	**0.000**
Septembre. .	78	63	69	70	25	95	— »	**0 000**
Octobre . . .	94	66	79	**79**	32	100	32 »	**0.344**
Novembre . .	82	69	82	78	19	100	22 »	0.244
Décembre . .	81	69	80	77	32	100	29 »	0.312
Hiver	74	64	71	70	21	100	52 fois	0.193
Printemps . .	78	49	63	63	20	100	39 »	0.141
Été.	79	48	55	61	18	100	28 »	0.101
Automne. . .	83	66	77	75	19	100	54 »	0.198
Année météo.	78	57	66	67	18	100	173 fois	0.158
Année civile .	79	56	67	67	18	100	179 »	0.163

VIII. Fraction de saturation en $^0/_0$. DAILLY (1253m), 1918.

Période	7 h. 1/2	13 h. 1/2	21 h. 1/2	Moy.	Minim. absolu	Maximum absolu		Fréquen. relative de la saturation
Décem. 1917	67	61	62	63	23	100	9 fois	0.097
Janvier 1918	54	50	53	52	22	100	15 »	0.161
Février . . .	50	37	46	**44**	16	100	4 »	0.048
Mars.	60	48	52	54	22	100	5 »	0 054
Avril.	76	65	69	70	25	100	24 »	0.267
Mai	60	50	55	55	24	100	2 »	**0.022**
Juin	63	55	56	58	27	100	5 »	0.055
Juillet	62	52	57	57	22	100	3 »	0.032
Août	68	54	56	59	33	100	2 »	**0.022**
Septembre. .	74	63	69	69	24	100	19 »	0.211
Octobre . . .	82	70	78	**77**	37	100	30 »	**0 323**
Novembre . .	69	62	72	68	25	100	25 »	0.278
Décembre . .	78	68	72	73	24	100	26 »	0.280
Hiver	57	50	54	53	16	100	28 fois	0.104
Printemps . .	65	54	58	59	22	100	31 »	0.112
Été.	65	54	57	58	22	100	10 »	0.036
Automne . .	75	65	73	71	24	100	74 »	0.271
Année météo.	66	56	60	61	16	100	143 fois	0.131
Année civile .	67	56	61	61	16	100	160 »	0.146

IX. Nébulosité, 1918.

Période	LAVEY			SAVATAN			DAILLY		
	Jours clairs	Jours couverts	Nébulosité moy.	Jours clairs	Jours couverts	Nébulosité moy.	Jours clairs	Jours couverts	Nébulosité moy.
Décem. 1917	8	16	6.5	7	11	5.8	12	10	5 0
Janvier 1918	4	18	6.7	12	11	4.6	14	6	3.9
Février . . .	15	6	**3.0**	17	5	**2.9**	19	3	**2.5**
Mars.	17	6	3.6	17	4	3.5	17	3	3.3
Avril.	3	22	**8.0**	4	15	**7.0**	4	14	**6.8**
Mai	12	8	4.5	9	6	4.4	10	3	4.2
Juin	11	10	4.7	11	8	4.7	12	9	4.5
Juillet	14	5	3.8	13	5	3 9	17	4	3.6
Août.	13	8	4.0	14	6	3.8	15	5	3.6
Septembre. .	7	11	5.6	5	11	5.8	8	8	5.0
Octobre . . .	9	11	5.3	9	11	5.3	7	9	5.6
Novembre . .	5	10	5.7	4	10	6.0	7	9	5.4
Décembre . .	4	16	6 9	6	14	6.2	7	13	6.0
Hiver	27	40	5.5	36	27	4.5	45	19	3.9
Printemps . .	32	36	5.3	30	25	4.9	31	20	4.7
Été.	38	23	4.2	38	19	4.1	44	18	3.9
Automne. . .	21	32	5.5	18	32	5.7	22	26	5.3
Année météo.	118	131	5.1	122	103	4 8	142	83	4.5
Année civile .	114	131	5.2	121	106	4.8	137	86	4.6

clairs (néb. 0, 1 ou 2) et à ceux de jours *couverts* (néb. 8, 9 ou 10), ainsi qu'aux valeurs de la *nébulosité moyenne* pour les trois stations où cet élément est observé. A cause des jours de *brouillard* plus nombreux cette année que précédemment à Lavey (voir tableau X), la nébulosité est plus élevée à cette station qu'à Savatan, contrairement aux chiffres moyens des 16 années antérieures (voir tableau XIV).

V. *Pluie et neige.* — Le tableau XI contient le relevé de tout ce qui concerne les chutes d'eau d'après les tableaux mensuels. L'année météorologique a été plutôt sèche, l'année civile plutôt humide. La hauteur d'eau tombée croît, comme c'est normal, de Lavey à Dailly et reste ensuite à peu près la même malgré les 200 m qui séparent le fort de l'Aiguille. Le nombre de jours de pluie est inférieur à la moyenne pour les quatre stations (voir tableau XIV). Si l'on néglige, pour les quatre stations de St-Maurice, comme pour Genève et le Grand-St-Bernard, les

X. Jours de brouillard et d'orage, 1918.

Période	Jours de brouillard				Orages
	Lavey	Savatan	Dailly	Aiguille	
Décembre 1917	1	7	4	3	0
Janvier 1918	7	1	2	1	0
Février	2	1	0	0	0
Mars	0	2	3	2	0
Avril	0	1	**12**	**11**	0
Mai	0	0	0	0	**2**
Juin	0	0	4	4	1
Juillet	0	0	0	0	**2**
Août	0	0	0	0	0
Septembre	0	4	5	5	1
Octobre	7	2	11	8	0
Novembre	4	3	7	5	0
Décembre	2	2	1	1	0
Année météorologique	21	21	48	39	6
Année civile	22	16	45	37	6

XI. Chutes d'eau dans l'année 1918.

Période	Hauteur d'eau tombée en mm				Nombre de jours de pluie			
	Lavey	Savatan	Dailly	Aiguille	Lavey (430m)	Savatan (689m)	Dailly (1250m)	Aiguille (1446m)
	mm	mm	mm	mm				
Déc. 1917	18.5	26.8	28.7	28.6	**5**	8	8	8
Janv. 1918	73.1	88.0	80 5	80.1	8	10	9	9
Février	**17.2**	**20.4**	**20.8**	**21.6**	**5**	**5**	**5**	**5**
Mars	52.9	64.4	73.2	73.0	7	7	8	7
Avril	91.6	98.8	123.0	122.2	14	15	**17**	**17**
Mai	23.2	27.0	23.2	22.1	10	12	11	11
Juin	129.5	131.4	158.7	156.5	13	11	12	12
Juillet	64 7	66.5	67.1	65.5	9	9	13	13
Août	59.6	63.4	73.8	72.8	8	8	9	9
Septembre	**237.7**	**233.4**	**245 4**	**244.0**	**18**	**18**	**17**	**17**
Octobre	65.9	70.4	86.3	86.1	10	12	16	16
Novembre	56.0	56.2	53.6	53.1	6	7	7	7
Décembre	202.2	194.7	200.2	199.4	16	16	16	16
Hiver	108.8	135.2	130 0	130.3	18	23	22	22
Printemps	167.7	190.2	219.4	217.3	31	34	36	35
Eté	253.8	261.3	299.6	294.8	30	28	34	34
Automne	359.6	360.0	385.3	383.2	34	37	40	40
Année mét.	889.9	946.7	1034.3	1025.6	113	122	132	131
Année civile	1073.6	1114.6	1205 8	1196.4	124	130	140	139

XII. Neige dans l'année 1918.

Période	Hauteur de neige en centimètres				Nombre de jours de neige			
	Lavey	Savatan	Dailly	Aiguille	Lavey	Savatan	Dailly	Aiguille
	cm	cm	cm	cm				
Décembre 1917	26	41	49	52	**5**	**7**	**8**	**8**
Janvier 1918. .	32	36	**68**	**71**	**3**	**5**	6	6
Février.	3	8	19	20	1	1	4	4
Mars	**34**	**45**	52	54	2	2	4	5
Avril	—	8	39	44	—	2	5	5
. . . .	. .	. . .	. . .	. . .	. .	. .	. .	. .
Octobre	—	—	4	6	—	—	1	2
Novembre . . .	1	3	14	17	1	1	3	3
Décembre . . .	3	11	43	54	1	3	**10**	**12**
Hiver.	61	85	136	143	9	13	18	18
Printemps . . .	34	53	91	98	2	4	9	10
Eté.	. .	. .	. . .	. . .	. .	.	. .	. .
Automne. . . .	1	3	18	23	1	1	4	5
Année météor.	96	141	245	264	12	18	31	33
Année civile . .	73	111	239	266	8	14	33	37

XIII. Persistance de la neige sur le sol en jours, 1918.

Période	Lavey	Savatan	Dailly	Aiguille
Décembre 1917.	12	15	25	28
Janvier 1918	3	8	19	24
Février	—	—	6	8
Mars	4	5	8	11
Avril	—	2	6	6
. . . .	. .	. .	. .	. . .
Octobre.	—	—	1	3
Novembre	—	—	4	5
Décembre.	1	3	13	18
Année météorologique . .	19	30	69	85
Année civile	8	18	57	75

jours où il est tombé moins d'un millimètre d'eau, on trouve pour les jours de pluie bien caractérisée, les chiffres suivants, qui ne dénotent, comme en 1917, mais avec des totaux très inférieurs, qu'une augmentation de fréquence peu accusée

XIV. Ecarts de 1918 par rapport aux moyennes de 20 ans[1] (1898-1917).

Période	Température		Fraction de saturation en %		Nébulosité			Hauteur d'eau tombée				Nombre de jours de pluie			
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Aiguille	Lavey	Savatan	Dailly	Aiguille
	°	°						mm	mm	mm	mm				
Décemb. 1917	−4.51	−4.21	+ 4	− 4	+0.9	+0.5	−0.1	− 56.6	− 49.8	− 53.1	− 56.2	− 6	− 4	− 5	− 5
Janvier 1918. .	+1.26	+1.99	− 4	−12	+1.4	−0.4	−0.7	+ 15.1	+ 26.9	+ 16.0	+ 17.0	− 2	0	− 3	− 3
Février.	+0.73	+2.02	− 5	−25	−2.3	−2.2	−2.7	− 44.0	− 39.9	− 44.3	− 37.9	− 5	− 5	− 7	− 7
Mars.	+0.70	+0.46	− 6	−15	−2.1	−2.1	−2.4	− 30.5	− 18.5	− 21.2	− 23.1	− 5	− 5	− 7	− 8
Avril.	−0.12	−0.81	+ 4	0	+2.3	+1.5	+1.1	+ 8.2	+ 14.6	+ 21.3	+ 30.1	0	+ 2	+ 1	+ 1
Mai.	+1.33	+1.23	− 6	−12	−0.9	−0.9	−1.4	− 52.5	− 51.1	− 67.1	− 63.8	− 4	− 2	− 5	− 5
Juin	−1.73	−1.92	− 6	−13	−0.7	−0.7	−0.9	+ 33.9	+ 33.6	+ 47.6	+ 49.3	− 2	− 3	− 5	− 4
Juillet	+0.16	−0.06	− 8	−13	−0.9	−0.8	−1.1	− 50.3	− 49.4	− 61.1	− 62.5	− 5	− 5	− 3	− 2
Août	+0.26	−0.37	−11	− 8	−0.3	−0.4	−0.6	− 55.4	− 55.6	− 57.3	− 60.2	− 5	− 5	− 5	− 5
Septembre. . .	+0.23	+0.92	− 3	− 4	+0.8	+1.1	+0.2	+160.3	+152.7	+154.1	+153.2	+ 7	+ 7	+ 4	+ 5
Octobre	−1.61	−2.13	+ 4	+ 8	−0.2	−0.2	+0.4	− 16.5	− 16.6	− 7.7	− 6.8	− 2	0	+ 3	+ 3
Novembre . . .	+0.13	+0.35	+ 6	+ 1	+0.2	+0.4	+0.2	− 13.2	− 12.7	− 19.1	− 18.9	− 5	− 4	− 5	− 5
Décembre . . .	+1.21	+1.76	+ 4	+ 6	+1.3	+0.9	+0.9	+127.1	+118.1	+118.4	+114.6	+ 5	+ 4	+ 3	+ 3
Hiver.	−0.88	−0.13	− 1	−13	—	—	—	− 85.5	− 62.8	− 81.4	− 77.1	−13	− 9	−15	−15
Printemps . . .	+0.65	+0.31	− 3	− 9	—	—	—	− 74.8	− 55.0	− 67.0	− 56.8	− 9	− 5	−11	−12
Eté.	−0.42	−0.78	− 8	−11	—	—	—	− 71.8	− 71.4	− 70.8	− 73.4	−12	−13	−13	−11
Automne. . . .	−0.44	−0.31	+ 1	+ 1	—	—	—	+130.6	+123.4	+127.3	+127.5	0	+ 3	+ 2	+ 3
Année météor.	−0.27	−0.22	−2.7	−7.2	−0.2	−0.4	−0.6	−101.5	− 65.8	− 91.9	− 79.8	−34	−24	−37	−35
Année civile. .	+0.24	+0.30	−2.8	−7.1	−0.1	−0.4	−0.5	+ 82.9	+102.3	+ 79.1	+ 93.8	−23	−16	−29	−27

[1] Par exception, les moyennes sont : 1° pour la fraction de saturation, celles de 15 ans à Savatan et de 10 ans à Dailly ; 2° pour la nébulosité, celle de 19 ans à Lavey ; 3° pour la hauteur d'eau, celle de 17 ans à l'Aiguille.

avec l'altitude, sauf pour la station élevée du Grand-St-Bernard :

Station	Genève	Lavey	Savatan	Dailly	Aiguille	St-Bernard
Altitude en m	(406)	(430)	(689)	(1250)	(1446)	(2476)
Année météor.	89	91	99	102	104	139
» civile	99	104	109	113	114	141

Les tableaux XII et XIII donnent les indications relatives à la *neige :* hauteur en cm, fréquence et persistance sur le sol. A tous ces points de vue, il y a naturellement augmentation graduelle avec la hauteur, mais l'année, dans l'ensemble, est peu neigeuse.

VI. *Divers.* — Les *jours d'orage* sont donnés au tableau X avec ceux du brouillard. Ils sont rares cette année et, comme précédemment, ils comprennent tous ceux notés à l'une ou à l'autre des quatre stations.

Nous ne donnons pas, cette année, de tableau relatif aux observations du *fœhn.* Nous indiquons seulement ici qu'il y a eu plus de cas notés qu'en 1917, et le même nombre aux quatre stations. Il y en a eu moins que la moyenne (15) aux stations inférieures et plus aux stations supérieures (9 et 7). Voici les chiffres valables pour les quatre stations:

Période :	Janvier	—	Septembre	Octobre	Année
Jours :	5	—	5	1	11

VII. *Ecarts.* — Le tableau XIV donne les écarts entre les chiffres des tableaux I, II, VII, VIII, IX et XI de ce résumé et ceux des tableaux I, VI, VII, IX et X des « moyennes de 10 à 20 ans pour les éléments météorologiques observés aux fortifications de St-Maurice ».

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

DES TRAVAUX DE CHIMIE FAITS EN SUISSE

1919

Juin.

92. Bamberger (Eug.). Versuche zur Darstellung von β-Phenylhydroxylamin-O-methyläther. Zürich. Anal.-chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* **52**. 1111.
93. Bamberger (Eug.) und Landau (Alexander). N-Phenyl-hydroxylamin und Dimethylsulfat. Zürich. Anal.-chem. Lab. der Techn. Hochschule. — *Berichte* **52**. 1093.
94. Chang (Nai Yen). Contribution à la connaissance des acides ortho- et para-nitro-alpha-bromocinnamiques. *Thèse*. Genève (Dr Reich).
95. Dätwiler (Otto). Zur Kenntnis der optisch-aktiven cis-Bromonitrodiaethylendiamin-Kobaltisalze. *Dissert.* Zürich (Prof. Werner).
96. Jakob (Johann). Zur Theorie der magmatischen Mineralisatoren. Zürich. Mineral.-petrogr. Inst. der Techn. Hochschule. — *Zeitschr. anorg. Ch.* **106**. 229.
97. Kohlschütter (V.) und Walther (G.). Zur Kenntnis des Kalkmörtels. Ueber Auflösung und Kolloidisierung fester Stoffe. Bern. Anorg. Lab. der Univ. — *Zeitschr. Elektroch.* **25**. 159.
98. Laar (J. J. van). Sur la détermination des poids moléculaires et atomiques en partant de la densité dans l'état gazeux normal et des constantes critiques. La Tour près Vevey. — *J. ch. phys.* **17**. 266.
99. Lang (Jules). Nickelsalze mit o-Phenanthrolin im Komplex. *Dissert.* Zürich (Prof. Werner).
100. Moser (H.). Ueber Holzdestillation, Ammoniakgewinnung und Gaspreise kleinerer schweizerischer Gaswerke während des Krieges. Zürich. — *J. für Gasbeleuchtung* **62**. 104.

101. Ott (E.). Zur Frage der gasanalytischen Verbrennung über Kupferoxyd. Zürich. — *J. für Gasbeleuchtung* **62**. 89.

102. Posternak (S.). Sur deux sels cristallisés du principe phospho-organique de réserve des plantes. Genève. — *Comptes rendus* **168**. 1216.

103. Rosenthaler (L.). Beiträge zur Blausäure-Frage. Bern. — *Schweiz. Apotheker-Zeitung* **57**. 267. 279. 295. 307. 324. 341.

104. Schweizer (Karl). Die Glyzerinbildung bei der alkoholischen Gährung. Winterthur. — *Schweiz. Chem.-Zeitung* **1919**. 236.

105. Verda (Antonio) e Fraschina (V.). Sul rapporto esistente tra l'alcalinità delle ceneri ed il tenore di alcuni elementi del vino. Lugano. Lab. cant. di chimica. — *J. suisse de pharm.* **57**. 176. 190. 217. 226. 257. 284. 297.

106. Weinhagen (A. B.). Beiträge zur Muscarinfrage. Zur Kenntnis der Platindoppelsalze einiger Basen. Zürich. Agr.-chem. Lab. der Techn. Hochschule. — *Zeitschr. physiol. Ch.* **105**. 249.

107. Weiss (Pierre). Ferromagnétisme et équation caractéristique des fluides. Zürich. — *Archives des Sc. phys. et nat.* (5) **1**. 169.

108. Winterstein (E.). Ueber das Vicin. Zürich. Agr.-chem. Lab. der Techn. Hochschule. — *Zèitschr. physiol. Ch.* **105**. 258.

Juillet.

109. Briner (E.) et Naville (Ph.). Action de la dépression sur la fixation de l'azote sous forme d'oxyde au moyen de l'arc électrique. Genève. Lab. de ch. techn. et théor. de l'Univ. — *J. ch. phys.* **17**. 329 et *Helv.* **2**. 348.

110. Dietz (André Ed.). Etude sur les quinolyl-4-carbinols. *Thèse.* Genève (Dr Kaufmann).

111. Duparc (Louis). Sur une nouvelle méthode d'analyse du minerai de la mine de platine et sur la composition chimique des platines natifs de l'Oural. Genève. Lab. de minéral. et de ch. anal. de l'Univ. — *Helv.* **2**. 324.

112. Einbeck (Hans). Ueber quantitative Versuche mit dem Succinicoxydon von Battelli und Stern. Genf. Physiol. Inst. der Univ. — *Biochem. Zeitschr.* **95**. 296.

113. Fierz (Hans Eduard). Grundlegende Operationen der Farbenchemie. Zürich.

114. Fischer (Albin). Ueber komplexe Kobaltisalze mit Pyridin und Diaminen in innerer Sphäre. *Dissert.* Zürich (Prof. Werner).

115. Jermstad (Axel). Ueber die Prüfung des Cocainum hydrochloricum mit besonderer Anwendung auf die Schmelzpunktbestimmung. Basel. Anal. Lab. von F. Hoffmann-La Roche und Co. — *Schweiz. Apotheker-Zeitung* **57**. 431.

116. Kehrmann (F.), Goldstein (Henri) und Tschudi (Peter). Ueber Nitro-Derivate des C-Diphenyldihydroacridins. Lausanne. Chem. Lab. der Univ., organ. Abt. — *Helv.* **2**. 315.

117. Kehrmann (F.), Goldstein (Henri) und Tschudi (Peter). Ueber Carbazin-Farbstoffe, eine neue Klasse von Chinonimid-Derivaten. Lausanne. Organ. Lab. der Univ. — *Helv.* **2**. 379.

118. Löffler (W.) und Spiro (K.). Ueber Wasserstoff- und Hydroxylionen-Gleichgewicht in Lösungen. Basel. Lab. der med. Univ.-Klinik. — *Helv.* **2** 417.

119. Misslin (Emil) und Bau (Adolf). Ueber Derivate des 1,3-Dinitrophenoxazins. Zürich. Chem.-techn. Lab. der Techn. Hochschule. — *Helv.* **2**. 285.

120. Neitzel (F.). Titration von p-Aminoazobenzol. Basel. — *Chem.-Zeitung* **43**. 472.

121. Posternak (S.). Sur la constitution du principe phospho-organique de réserve des plantes vertes. Genève. — *Comptes rendus* **169**. 37.

122. Posternak (S.). Sur la synthèse de l'éther hexaphosphorique de l'inosite et son identité avec le principe phospho-organique de réserve des plantes vertes. Genève. — *Comptes rendus* **169**. 138.

123. Rupe (H.) und Kloppenburg (C. A.). Ueber optisch aktive Ketone. Ketone des 1, 2, 2, 3-Cyclopentans. Basel. Org. Abt. der chem. Anstalt. — *Helv.* **2**. 363.

124. Ruzicka (L.). Ueber die Beziehungen zwischen den Jononen und Iron. Zürich. Chem. Inst. der Techn. Hochschule. — *Helv.* **2**. 352.

125. Ruzicka (L.) und Fornasir (V.). Synthetische Versuche in der Chininreihe. Synthese des β-Collidins. Zürich. Chem. Inst. der Techn. Hochschule. — *Helv.* **2**. 338.

126. Schläpfer (Paul). Ueber Karbidofengase. Zürich. Eidg. Prüfungsanst. für Brennstoffe. — *Schweiz. Chem.-Zeitung.* **1919**. 273.

127. Stettbacher (Alfred). Sprengwirkung und chemische Konstitution bei hochbrisanten Nitrokörpern. Schwamendingen. — *Zeitschr. Schiess-und Sprengstoffe* **14**. 220.

128. Tunmann (O.). Ueber die Alkaloide bei Verwundungen der Pflanzen. Bern. — *Biochem. Zeitschr.* **95**. 164.

129. Winterstein (E.). Ueber das in der Rinde von Geoffroya surinamensis enthaltene Surinamin. Zürich. Agr.-chem. Lab. der Techn. Hochschule. — *Schweiz. Apotheker-Zeitung.* **57**. 375. 391.

Août.

130. ANDRIESSENS (H.). Ueber die technische Nutzbarmachung des Luftstickstoffes mit Hilfe des elektrischen Flammbogens. Zürich. — *Zeitschr. Elektroch.* **25**. 255.

131. ARBENZ (E.). Zur Methodik der Lecithinbestimmung in Lebensmitteln, mit besonderer Berücksichtigung von Früchten und Gemüsen. Bern. Lab. des schweiz. Gesundheitsamtes. — *Mitt. Lebensmittelunters.* **10**. 93.

132. BEYER (Oskar). Methoden zur quantitativen Bestimmung von Benzoesäuresulfinid (Saccharin). Zürich. — *Chem.-Zeitung* **43**. 537.

133. HÄUSSLER (E. P.). Zum Nachweise von Obstwein im Wein. Basel. — *Mitt. Lebensmittelunters.* **10**. 104.

134. HERZFELD (E.) und KLINGER (R.). Chemische Studien zur Physiologie und Pathologie. Zur Frage der Jodbindung in der Schilddrüse. Zürich. Chem. Lab. der med. Klinik und Hygiene-Inst. der Univ. — *Biochem. Zeitschr.* **96**. 260.

135. LÄNGER (Paul). Ueber optisch-aktive Derivate des 1, 1, 4, 5, 5-Pentamethylcyclopentan. *Dissert.* Basel (Prof. Rupe).

136. MAGGI (Harry). Zur Frage der Diastasemodelleigenschaften des Formaldehyds. Versuche über die Einwirkung von Formaldehyd auf Stärke. Bern. Lab. für physikal.-chem. Biol. der Univ. — *Fermentforschung* **2**. 304.

137. MIESCHER (Karl). Nitrone und Nitrene. *Dissert.* Techn. Hochschule Zürich (Prof. Staudinger).

138. NEITZEL (F.). Quantitative Analyse der Sulfochloride aromatischer Körper. Basel. — *Chem.-Zeitung* **43**. 500.

139. POSTERNAK (S.). A propos du sel de soude saturé de l'inosite hexaphosphorique. Genève. — *Comptes rendus* **169**. 337.

140. PRITZKER (J.). Zur Backpulverfrage. Basel. — *Schweiz. Apotheker-Zeitung* **57**. 363. 380.

141. STAEHELIN (Markus). Die Rolle der Oxalsäure in der Pflanze. Enzymatischer Abbau des Oxalations. Basel. Botan. Inst. der Univ. — *Biochem. Zeitschr.* **96**. 1.

142. VUILLEUMIER (Ernest). Ueber Kathodenvorgänge bei der Metallabscheidung. *Dissert.* Bern (Prof. Kohlschütter).

143. WILBUSCHEWITSCH (Ida). Ueber Diacido-diaethylendiaminkobaltisalze. *Dissert.* Zürich (Prof. Werner).

144. WINTELER (F.). Die heutige industrielle Elektrochemie. Zürich.

LISTE DES TRAVAUX

CONCERNANT

LA GÉOLOGIE DE LA SUISSE EN 1916

a) Biographies, Bibliographies, Historique et Rapport.

1. A. Aeppli. Die geologische Kommission der schw. nat. Gesch. *N. Denkschr. der schw. naturf. Ges.*, t. L, p. 78-147.

2. A. Buxtorf. Doctor Karl Strübin, 1876-1915. *Verh. der schw. naturf. Gesel.*, Jahrg. 1915-16, t. I, p. 20-27.

3. J. Früh. Die schweizerische Erdbeben-Kommission. *N. Denkschr. der schw. naturf, Gesel.*, t. L, p. 264-268.

4. U. Grubenmann. Die schweizerische geotechnische Kommission. *Ibidem.* t. L, p. 185-188.

5. U. Grubenmann und E. Letsch. Bericht der geotechnischen Kommission für das Jahr 1915-16. *Verh. der schw. naturf. Gesel.*, Jahrg. 1916, t. I, p. 129-130.

6. Alb. Heim. Die Gletscherkommission (1868-1915). *N. Denkschr. der schw. nat. Gesel.*, t. L, p. 171-180.

7. Alb. Heim. Bericht der Gletscherkommission für das Jahr 1915-1916. *Verh. der schw. nat. Gesel.*, Jahrg. 1915-16, t, I. p. 137-141.

8. Alb. Heim. Begleitworte zur Vorlage des Rhonegletscherbandes. *Ibidem*, t. II, p. 15-17.

9. Alb. Heim und A. Aeppli. Bericht der geologischen Kommission für das Jahr 1915-16. *Ibidem,* t. I, p. 125-129.

10. Ch. Sarasin. Revue géologique suisse pour l'année 1914. *Eclogæ geol. Helv.*, t. XIV, p. 369-477.

11. H. Schinz. Die Kommission zur Untersuchung der Mineralquellen. *N. Denkschr. der schw. nat. Gesel.*, t. L, p. 229.

12. H. Schinz. Die hydrographische Kommission. *N. Denkschr. der schw. nat. Gesel.* t. L, p. 232-233.

13. H. Schinz. Die hydrometrische Kommission. *Ibidem*, t. L, p. 256-258.

14. Th. Studer. Jacob Nüesch. *Verh. der schw. nat. Gesch.*, Jahrg. 1915-16, t. I, p. 39-47.

15. F. Zschokke. Die hydrologische Kommission und ihre Vorläufer. *N. Denkschr. der schw. nat. Gest.*, t. L, p. 207-215.

b) Minéralogie et Pétrographie.

16. A. Brun. Sur les limites d'exactitude des analyses de silicates compliqués. *Arch. Genève*, t. XLI, p. 69.

17. H.-P. Cornelius. Ein alpines Vorkommen von Saphirin. *Centralblat. für Min.. Geol. und Pal.*, Jahrg. 1916, p. 265-269.

18. U. Grubenmann und L. Hezner. Zusammenstellung der Resultate über die von 1900-1915 im mineralogisch-petrographischen Institut der Eidg. techn. Hoschschule ausgeführten chemischen Gesteins- und Mineralanalysen. *Vierteljahrschrift der naturf. Ges. Zürich*, Jahrg. 1916, p. 149-203.

19. W. Hammer. Die basische Fazies des Granits von Remüs (Unterengadin). *Verh. der k. k. geol. Reichsanstalt*, Wien. 1915, N° 15-16, p. 302-303.

20. W. Hammer. Ueber einige Erzvorkommen im Umkreis der Bündnerschiefer des Oberinntales. *Zeitschrift der Ferdinandeums*, t. III. H. 59, p. 65-94.

21. Pl. Hartmann. Die Entstehung der kristallinen Schiefer in der Anschauung der modernen Petrographie. *Mittelschule, matem.-naturw. Ausgabe.* Einsiedeln, 1915. 15 pp. 8°.

22. E. Hugi. Die Metamorphose der Gesteine unter besonderer Berücksichtigung der Kontakt-Metamorphose in den Berner Alpen. *Mitteil. naturf. Gesel. Bern*, Sitzungsbericht vom 28 Mai 1916.

23. M. Lugeon. Sur la coloration en rose de certaines roches du massif des Aiguilles Rouges. *C. R. Soc. vaud. des sc. nat.*, séance du 16 février 1916, *Arch. Genève*, T. XLII, p. 77-78, *C. R. Ac. des Sc. de Paris, séance du 20 mars 1916.*

24. J. Meyer. Geologisch-petrographische Untersuchungen am Massiv der Aiguilles-Rouges. *Eclogæ geol. Helv.*, t. XIV, p. 46-144.

25. H. Preiswerk. Bergbau, Mineralogische Rohstoffe. Fachbericht der schw. Landesaustellung in Bern. *Orell-Füssli, Zurich.* 1916. 26 pp. 8°.

26. R. Sabot. Nouvelle méthode de détermination de la radioactivité des minéraux. *Arch. de Genève*, T. XLII, p. 242-243.

27. K. Strübin. Ueber das Vorkommen von Zinkblende im Haup-

trogenstein des Basler Jura. *Tätigkeitsbericht der naturf. Gesch. Baselland.* t. 1911-16, p. 121.

28. L. WEBER. Bestimmung der optischen Konstanten zweiaxiger Kristalle mit Hilfe eines einzigen Prismas beliefiger. Orientierung. *Ver. der schw. naturf. Gesch.*, Jahrg. 1916, t. II, p. 152-154. *Eclogæ geol. Helv.*, t. XIV, p. 215-216.

c) Géophysique.

29. H. BACHMANN. Bericht der hydrologischen Kommission für das Jahr 1915-16. *Verh. der schw. naturf. Gesel.*, Jahrg. 1916, t. I, p. 133-137.

30. R. BOISSIER. Le charriage des alluvions en suspension dans l'eau de l'Arve. *Arch. Genève,* t. XLI, p. 331-333.

31. A. BRUN. Quelques recherches sur le Volcanisme, 7e partie. *Ibidem.* t. XLI, p. 401-418.

32. A. BRUN. Action de la vapeur d'eau à haute température sur certains silicates éruptifs. *Bull. Soc. franç. de Minéralogie,* t. XXXVIII, 4 pp.

33. L.-W. COLLET. Prise d'échantillons d'eau en profondeur dans les rivières. *Arch. Genève,* t. XLI, p. 333-334.

34. L.-W. COLLET. Le mode de formation et le régime des lacs suisses en général et de quelques petits lacs en particulier. *Le Globe, org. de la Soc. de Géogr. de Genève*, t. LV. p. 27-76.

35. L.-W. COLLET. L'écoulement souterrain du Seelisbergerseeli. *Actes Soc. helvét. des Sc. nat.*, année 1916, t. II, p. 150-151. *Eclogæ geol. Helv.*, t. XIV, p. 213-214.

36. L.-W. COLLET. Der Geschiebetransport in verschiedenen schweizerischen Flüssen. *Schw. Wasserwirtschaft,* Jahrg. VII, N° 6-7 et 8-9, 8 pp.

37. L.-W. COLLET. La charge d'alluvions en suspension dans les cours d'eau de la surface au fond. *Actes Soc. helvét. des Sc. nat.*, année 1916, t. II, p. 151-152. *Eclogæ geol. Helv.*, t. XIV, p. 214-215.

38. COMMISSION DES GLACIERS de la *Soc. helv. des Sc. nat.* Mensurations au glacier du Rhône, 1874-1915. *Nouv. Mém. de la Soc. helv. des Sc. nat.*, t. LII, p. 1-190.

39. B.-G. ESCHER. Furchensteine, Rillensteine- und Mlkrokarren. *Eclogaæ geol. Helv.*, t. XIV, p. 38-45.

40. E. GAGNEBIN. Les sources du massif de Morcles. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, t. LI, p. 81-110. Résumé dans *C. R. Soc. vaud. Sc. nat.* séance du 16 février 1916, et *Arch. Genève,* t. XLII, p. 75-77.

41. L. HORWITZ. Hydrographica, réponse à M. Roder. *Bull. Soc. vaud. des Sc. nat.*, t. LI, p. 29-47.

42. F. Jaccard. Contribution à l'étude des cônes d'éboulis dus aux avalanches. *Bull. Soc. vaud. des Sc. nat.*, t. LI, p. 125-142, *C. R. Soc. vaud. des Sc. nat.*, séance du 3 mai 1916, et *Arch. Genève*, t. XLII, p. 249-250.

43. A. Kreis. Die seismographische Station der Kantonsschule in Chur. *Verh. der schw. naturf. Gesel.*, Jahrg. 1916, t. II, p. 131-132. Texte français dans *Arch. Genève*, t. XLII, p. 495.

44. L. Lièvre. Le problème hydrologique de la Haute-Ajoie et le Creux Genaz. *Actes Soc. jurassienne d'émulation*, année 1915-16, 40 pp. 8°.

45. J.-J. Lochmann. Rapport de la commission géodésique suissse pour l'année 1915-16. *Actes Soc. helvét. des Sc. nat.*, année 1916, t. I, p. 130-133.

46. O. Lütschg. Le lac de Märjelen. *Echo des Alpes*, 52e année, 1916, p. 149-180.

47. O. Lütschg. Die Schwankungen des Allalin- und Schwarzenberggletschers. *Verh. der schw. naturf. Gesel.*, année 1916, T. II, p. 137-138. Texte français dans *Arch. Genève*, t. XLII, p. 503-505.

48. P.-L. Mercanton. Les variations des glaciers à la lumière des travaux récents. *Le Globe, org. de la Soc. de Géogr. de Genève*, t. LV, Bull. p. 72-75.

49. P.-L. Mercanton. Les variations de longueur des glaciers suisses et l'enneigement alpin en 1914 et 1915. *C. R. Soc. vaud. des Sc. nat.*, séance du 2 février 1916, et *Arch. Genève*, t. XLII, p. 73.

50. A. de Quervain. Le tremblement de terre du 1er mars 1916. *C. R. Soc. vaud. des Sc. nat.*, séance du 5 avril 1916, et *Arch. Genève*, t, XLII, p. 157-158.

51. A. de Quervain. Jahresbericht 1914. des Erdbebendienstes der schweizerischen meteorologischen Zentralanstalt. *Ann. der schw. meteor. Zentralanstalt*, Jahrg. 1914, 16 pp., 1916.

52. A. de Quervain. Ueber die Herdtiefe des Zürcher Erdbebens vom 17 Juli 1916. *Verh. des schw. naturf. Gesel.*, Jahrg. 1916, t. II, p. 128-129. Texte français dans *Arch. Genève*, t. XLII, p. 492-493.

53. A. de Quervain und R. Billwiller. Dritter Bericht über die Tätigkeit der zürcher Gletscherkommission. *Verh. der schw. naturf. Gesel.*, 1916, t. II, p. 130-131. Texte français dans *Arch. de Genève*, t. XLII, p. 494-495.

54. A. de Quervain und A. Piccard. Plan eines Universalseismographen für die schweizerische Erdebebenwarte. *Ibidem*, t. II, p. 129-130 et texte français, *Ibidem*, t. XLII, p. 493-494.

55. E. Roder. Seconde réplique à M. Horwitz. *Bull. Soc. vaud. des Sc. nat.*, t. LI, p. 49-53.

d) Tectonique. — Descriptions régionales.

Jura et plateau molassique.

56. A. BUXTORF. Ueber Prognosen und Befund beim Hauensteintunnel, und die geologische Geschichte und Oberflächengestaltung des Tunnelgebietes und seiner Umgebung. *Tätigkeitsbericht der naturf. Gesel. Baselland,* t. 1911-16, p. 178-207.

57. A. BUXTORF. Prognosen und Befund beim Hauensteinbasis- und Grenchenbergtunnel und die Bedeutung der letzteren für die Geologie des Juragebirges. *Verh. der naturf. Gesel. Basel,* t. XXVII, p. 185-254.

58. A. GUTZWILLER und E. GREPPIN. Erläuterungen zur geologischen Karte von Basel. 1ter Teil, Gempenplateau und unteres Birstal, zu 1 : 25000. *Erläut. zur geol. Karte der Schweiz,* N° 18. 58 pp., 1916.

Alpes.

59. P. ARBENZ. Der Deckenbau der Alpen. *Mitteil. der naturf. Gesel. Bern.,* Sitzungsbericht vom 5 Februar 1916.

60. E. ARGAND. Sur l'arc des Alpes occidentales. *Eclogæ geol. Helv.,* t. XIV, p. 145-191.

61. E. ARGAND. Compte rendu de l'excursion de la Société géologique suisse à Zermatt les 15-18 septembre 1915. *Ibidem,* t. XIV, p. 192-204.

62. A. BUXTORF (mit Beiträgen von E. BAUMBERGER, G. NIETHAMMER und P. ARBENZ). Erläuterungen zur geologischen Karte der Rigihochfluhkette. *Erläut zur geol. Karte der Schweiz,* N° 14, 1916, 76 pp. 1 pl.

63. ALB. FRAUENBERGER. Beiträge zur Geologie der Tessinerkalkalpen. *Eclogæ geol. Helv..* t. XIV, p. 247-367.

64. R. DE GIRARD. Notions de géologie générale fondée sur l'étude du sol fribourgeois. Brochure de 62 p. 8°. *Fribourg,* 1916.

65. W. HAMMER. Das Gebiet der Bündnerschiefer im tirolischen Oberinntal. *Jahrb. der k. k. geol. Reichsanstalt Wien,* t. LXIV, H. 3, p. 443-566.

66. ALB. HEIM. Die Juramulde von Fernigen. *Verh. der schw. naturf. Gesel.,* Jahrg. 1916, t. II, p. 158-160. *Eclogæ geol. Helv.,* t. XIV, p. 232-233.

67. ALB. und ARN. HEIM. Die Juramulde im Aarmassiv bei Fernigen (Uri). *Vierteljahrschrift der naturf. Gesel. Zürich,* t. LVI, p. 503-530.

68. Arn. Heim. Der Kontakt von Erstfelder Gneiss und Trias am Scheidnössli. *Verh. der schw. naturf. Gesel.*, 1916, t. II, p. 156-158. *Eclogæ geol. Helv.*, t. XIV, p. 230-232.

69. G. Henny. La zone du Canavese dans le Tessin méridional et le prétendu charriage des Dinarides sur les Alpes. *C. R. Soc. vaud. des Sc. nat.*, séance du 6 déc. 1916, *Arch. Genève*, t. XLIII, p. 343-346.

70. G. Henny. Sur les conséquences de la rectification de la limite alpinodinarique dans les environs du massif de l'Adamello. *Actes Soc. helv. des Sc. nat.*, 1916, t. II, p. 160-161. *Eclogæ geol. Helv.*, t. XIV, p. 233-239.

71. G. Heritsch. Die Bauformel der Ostalpen. *N. Jahrb. für Min., Geol. und Pal.*, Jahrg. 1915, t. I, p. 47-67.

72. M. Lugeon. Les Hautes-Alpes calcaires entre la Lizerne et la Kander. Fasc. 2. *Mat. pour la carte géol. de la Suisse.* Livr. LX, p. 95-206, pl. IX-XVI, 1916.

73. M. Lugeon. Sur l'inexistence de la nappe de l'Augsmatthorn. *C. R. Soc. vaud. des Sc. nat.*, séance du 5 juillet 1916, *Arch. Genève*, t. XLII, p. 340-341.

74. M. Lugeon. Gisements calcaires du massif des Aiguilles Rouges et coin de gneiss d'Alesses (Valais). *Ibidem*, séance du 16 avril 1916 et *Ibidem*, t. XLII, p. 158-160.

75. L. Rollier. La genèse des Alpes. *Actes de la Soc. jurass. d'émulation.* Année 1915, 27 pp.

76. R. Staub. Zur Geologie des Oberengadin und Puschlav, *Eclogæ geol. Helv.*, t, XIV, p. 221-228.

77. R. Staub. Tektonische Studien im œstlichen Berninagebirge. *Vierteljahrschrift der naturf. Gesel. Zürich*, t. LXI, p. 324-404.

78. R. Staub. Zur Tektonik der sudœstlichen schweizer Alpen. *Beitr. zur geol. Karte der Schweiz*, N. F., t. XLVI, 1. Teil. 41 pp. 1 pl.

79. Chr. Tarnuzzer. Eröffnungsrede des Jahrespräsidenten der 98. Jahresversammlung der schweizerischen naturforschenden Gesellschaft. *Verh. der schw. naturf. Ges.*, 1916, t. II, p. 3-14.

80. D. Trümpy. Geologische Studien im westlichen Rhæticon. *Beitr. zur geol. Karte der Schweiz*, N. F., t. XLVI, Abt. 2, 121 pp., 6 pl., 1 carte au 1 : 25000.

c) Stratigraphie et Paléontologie.

Mésozoïque.

81. Arn. Heim. Die Transgressionen der Trias und des Jura in den nördlichen schweizer Alpen. *Verh. der schweiz. naturf. Gesel.*, 1916, t. II, p. 154-156. *Eclogæ geol. Helv.* t. XIV, p. 228-229.

82. ARN. HEIM. Monographie der Churfirsten-Mattstock-Gruppe, 3ter Teil, *Beitr. zur geol. Karte der Schweiz*, N. F., t. XX, p. 369-572.

83. F. LEUTHARDT. Die Flora der Keuperablagerungen im Basler Jura. *Tätigkeitsbericht der naturf. Gesel. Basellland*, t. 1911-16, p. 122-150.

Tertiaire.

84. P. BECK. Bemerkungen über die Herkunft der exotischen Blöcke im Flysch. *Eclogæ geol. Helv.*, t. XIV, p. 220-221.

85. H. FISCHLI. Beitrag zur Kenntniss der fossilen Radiolarien in der Riginagelfluh. *Mitteil. der naturf. Gesel. Winterthur*, t. XI, 4 pp,

86. H. FISCHLI und J. WEBER. Molassepetrefakten aus Wintherthurs Umgebung. *Ibidem*, t. XI, 11 pp.

87. M. LUGEON. Sur l'origine des blocs exotiques. *Actes de la Soc. helv. des Sc. nat.*, 1916, t. II, p. 154. *Eclogæ geol. Helv.*, t. XIV p. 217-219.

88. H. MOLLET. Ueber die stratigraphische Stellung der eocänen Glauconitschichten beim Küblibad am Thunersee. *Mitteil. der naturf. Gesel. Bern*, Jahrg. 1916, 11 pp.

89. H. SCHARDT. Remarques sur les origines des blocs exotiques du Flysch. *Eclogæ geol. Helv.*, t. XIV, p. 219-220.

90. H. WEGELIN. Die Quarzande von Benken. Vortrag gehalten auf der *Excursion der thurgau. naturf. Gesel.* am 21 Mai 1916.

Quaternaire.

91. P. ARBENZ. Breccien an der Basis des Bergsturzes von Engelberg. *Mitteil. der naturf. Gesel. Bern*, Sitzungsbericht vom 5. Februar 1916.

92. E. CHAIX. Dans le Val Tavetsch. *Le Globe, org. de la Soc. de géogr. de Genève*, t. LV, Bull. p. 17-26.

93. A.-P. FREY. Die Vergletscherung des obern Thurgebietes. *Jahrb. der St. Gall. naturw. Gesel.*, t. LIV, 1914-15 p. 37-134. 3 pl, 1 carte au 1 : 100000.

94. P. GIRARDIN. Sur l'intérêt morphologique des moraines immergées des lacs de Savoie, du Jura et de la Suisse. *Actes Soc. helv. des Sc. nat.*, 1916, t. II, p. 135-137. *Arch. Genève*, t. XLII, p. 502-503.

95. L. HORWITZ. Sur quelques dépôts quaternaires dans la vallée de Conches. *C. R. Soc. vaud. des Sc. nat.*, séance du 17 mai 1916. *Arch. Genève*, t. XLII, p. 252-254.

96. W. KILIAN. Notes sur l'histoire géologique et l'âge des lacs

de Genève, d'Annecy et du Bourget. *Trav. du Lab. de géol. de la Fac. des Sc. de Grenoble*, t. XI, p. 53.

97. F. LEUTHARDT. Zur Altersfrage der steinzeitlichen Station von Lausen. *Tätigkeitsbericht der naturf. Gesel. Baselland,* 1911-16, p. 169-174.

98. P. LEUTHARDT. Ueber fossile Huftierreste aus dem Diluvium der Umgebung von Basel. *Ibidem*, p. 151-169.

99. H.-G. STEHLIN et A. DUBOIS. Notice préliminaire sur les fouilles entreprises dans la grotte de Cottencher. *Eclogæ geol. Helv.*, t. XIV, p. 240-242.

100. K. STRÜBIN. Die Verbreitung der errastichen Blöcke und deren Erhaltung als Naturdenkmäler im Basler Jura. *Tätigkeitsbericht der naturf. Gesel. Baselland*, t. 1911-16, p. 97-120.

101. TH. STUDER. Diluviale Vogelarten der Schweiz. *Verh. der schweiz. naturf. Gesel.*, t. II, p. 175-176.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

Chimie physique.

Jean Perrin. — *Matière et lumière.* — Essai de synthèse de la mécanique chimique, *Ann. de Phys.* (9), t. XI, 1919, p. 5-108.

Malgré le développement aussi brillant que rapide de la chimie dans la seconde moitié du 19e siècle, les connaissances sur l'action chimique de la lumière n'ont fait que peu de progrès ; il manquait pour ces études la base théorique. Une voie nouvelle destinée à tirer la théorie photochimique de son effacement et à lui assurer le rang qu'elle mérite parmi les autres branches de la physique s'est ouverte grâce aux recherches de plus en plus approfondies sur les propriétés du rayonnement des corps incandescents.

Au début du 20e siècle M. Planck a découvert la loi de la répartition spectrale de l'énergie dans le rayonnement du corps noir, et a mis en évidence la cause profonde tout à fait imprévue de ce phénomène, enrichissant ainsi la science d'un principe nouveau et extrêmement fécond. Le rattachement de ce principe à la théorie de la matière est dû à A. Einstein qui a précisé la notion des « quanta » d'énergie et formulé la loi de l'équivalent photochimique, véritable loi élémentaire des transformations qui ont lieu sous l'influence de la lumière.

Enfin, le dernier pas décisif a été fait par N. Bohr dont la théorie de l'atome et de la molécule, perfectionnée récemment par A. Sommerfeld, a permis d'interpréter complètement les séries spectrales, les rayons caractéristiques des métaux excités par les rayons X ou par le choc des corpuscules cathodiques, et toute une foule de particularités par lesquelles se manifestent les relations existant entre la matière et le rayonnement.

En ce qui concerne la chimie théorique tous les anciens principes sont à reviser, et si les résultats acquis doivent être maintenus dans leurs traits essentiels, les points de vue de détail sont à modifier. L'évolution récente dont nous venons de tracer l'histoire abrégée a fait

passer la photochimie du dernier rang au premier. Elle qui ne fut jusqu'ici qu'un modeste chapitre de la chimie est peut-être appelée à faire sien le domaine de la chimie tout entière.

Une tentative de baser tout l'édifice de la mécanique chimique sur la théorie du rayonnement vient d'être faite par M. Jean Perrin. Personne parmi ceux qui s'intéressent à la physique ou à la chimie ne devrait ignorer les idées sur ces problèmes importants d'un des maîtres les plus éminents de la chimie physique moderne, idées dont nous ne pourrons donner ici qu'un résumé succinct et forcément incomplet.

D'après M. Perrin la dissociation des molécules qui précède la formation d'une combinaison nouvelle ne doit pas, comme dans les anciennes théories, être attribuée à la violence de certains chocs moléculaires, mais à l'action de la lumière qui, selon toute probabilité, est aussi l'agent nécessaire pour la combinaison des molécules. Ainsi toute transformation chimique devient un effet photochimique, la notion de lumière étant prise naturellement dans le sens plus large d'une radiation électromagnétique de fréquence quelconque.

Dès lors la cinétique chimique reçoit une base entièrement nouvelle. Le coefficient de vitesse d'une réaction quelconque renferme un facteur exponentiel dont l'exposant négatif est proportionnel à $\frac{\nu}{T}$, ν étant la fréquence du rayonnement actif et T la température absolue. L'hypothèse essentielle et tout à fait particulière de M. Perrin est : « *Toute réaction chimique est provoquée par une radiation lumineuse; sa vitesse est déterminée par l'intensité de cette radiation, et ne dépend de la température que dans la mesure où cette intensité en dépend* ». (*l. c.* p. 18).

Partant de cette hypothèse, on obtient une interprétation satisfaisante des lois observées de l'accélération thermique des réactions, et des coïncidences numériques remarquables avec les données expérimentales qui ne peuvent être attribuées au hasard.

D'autre part, on trouve que l'énergie absorbée par une réaction chimique transformant un corps A en un corps A′ est, par molécule-gramme

$$U_{AA'} = H\ (\nu - \nu')$$

H étant une constante universelle, et ν et ν' les fréquences des radiations absorbées et émises dans la réaction.

En effet, d'après les idées de M. Perrin, il y a toujours *deux* radiations de fréquence différente qui interviennent dans une transformation quelconque. L'absorption et l'émission de la lumière sont des effets connexes et inséparables. Adopté comme loi rigide qui n'admettrait aucune exception, ce principe serait en contradiction avec l'hypothèse fondamentale de la théorie des quanta suivant laquelle le

quantum d'énergie est proportionnel à une fréquence déterminée ν. Cette hypothèse forme en effet la base de la théorie du rayonnement de Planck. Appliquée par Einstein à une multitude de phénomènes divers elle a reçu des vérifications expérimentales éclatantes ; enfin c'est elle qui constitue la seconde règle de Bohr dont on connaît le succès dans l'interprétation de la structure des séries spectrales et des raies caractéristiques des rayons X. Il faudrait des arguments d'un très grand poids pour décider les physiciens à abandonner cette hypothèse.

Heureusement, les deux points de vue ne sont pas inconciliables. Le désaccord disparaît si l'on suppose que dans tous les effets considérés par M. Perrin interviennent *deux* quanta dont la formule précédente exprime la différence. Cela doit avoir lieu pour la transformation de l'oxygène en ozone sous l'influence de la lumière ultraviolette, ainsi que dans un très grand nombre d'autres cas, le principe découvert par M. Perrin étant, semble-t-il, d'une très grande généralité.

En étudiant le mémoire de M. Perrin, on est frappé par l'extrême fécondité de ses vues. Les effets physico-chimiques les plus divers, les catalyses, le déplacement de l'équilibre dû à la variation de la température, la fluorescence, la phosphorescence, les thermoluminescences, l'effet d'extinction des rayons infrarouges, la couleur des corps, la fusion, la cristallisation, la sublimation et la vaporisation y sont interprétés d'un point de vue unique avec une perspicacité merveilleuse. C'est certainement un des plus beaux efforts de synthèse qui ait jamais été tenté. Impossible de suivre ici l'auteur dans tous les détails qui donnent à ce travail sa grande valeur et sa saveur particulière.

Nous nous bornerons à insister sur une application de la théorie aux corps radioactifs qui nous a semblé particulièrement heureuse. Pour interpréter la radioactivité, les physiciens ont envisagé dès le début deux hypothèses contraires entre lesquelles il fallait choisir : l'énergie radioactive peut être empruntée au milieu ambiant ou à la substance radioactive même. C'est la seconde théorie, celle qui attribue aux édifices atomiques une structure instable, aboutissant à leur « explosion » après une durée plus ou moins longue, qui a prévalu. Les difficultés de cette conception ont été signalées par M. Debierne (Confér. de la Soc. franç. de Phys. 1913) et par Henri Poincaré qui, insistant sur le fait que la loi exponentielle de la dissociation d'un corps radioactif est une loi statistique, s'exprime comme suit :

« L'atome du corps radioactif est un monde et un monde soumis au hasard ; mais qu'on y prenne garde, qui dit hasard, dit grands nombres ; un monde formé de peu d'éléments obéira à des lois plus ou moins compliquées, mais qui ne seront pas des lois statistiques. » (Confér. de la Soc. franç. de Phys., 1913, p. 362).

On a quelque peine à croire sérieusement à cette prodigieuse complexité des atomes radioactifs et on est tenté de chercher l'origine de la loi statistique plutôt dans le monde illimité qui entoure l'atome radioactif. C'est ce que fait M. Perrin.

Il admet que les transformations radioactives sont très fortement *endothermiques* et empruntent leur énergie à un rayonnement ultra-X diffus d'origine terrestre. Les rayons γ des corps radioactifs seraient les rayons secondaires de ces rayons ultra-X. L'insensibilité des transformations radioactives aux variations de la température s'explique par l'absence des rayons ultra-X dans le rayonnement isotherme de toutes les sources, même des plus chaudes, qu'on sait réaliser.

Au premier abord cette hypothèse peut paraître arbitraire ; à la réflexion on reconnaît qu'il n'y a aucune raison de croire que les rayons γ les plus pénétrants forment la limite extrême des radiations. S'il existe des radiations de plus courte longueur d'onde encore, d'origine terrestre ou cosmique, elles doivent pouvoir produire des effets physiques, et il peut y avoir parmi elles des radiations provoquant les rayons γ des corps radioactifs, comme les rayons X ordinaires excitent les rayons secondaires du plomb et du platine. De toute façon, en admettant l'existence des rayons ultra-X, on remplace seulement une hypothèse usuelle mais très invraisemblable par une autre qui l'est beaucoup moins.

Notons encore que cette interprétation de la radioactivité est une très ingénieuse application de la théorie classique des quanta. Elle repose en effet sur l'idée que pour des fréquences extrêmement élevées le quantum d'énergie devient énorme et capable par conséquent de rompre les liaisons les plus solides.

Pour ce qui concerne les applications de cette théorie de la radioactivité à l'évolution des astres et aux proto-atomes, nous renvoyons au mémoire, dont nous ne saurions assez recommander la lecture.

Même si pour une raison ou pour une autre on n'acceptait pas sans modifications toutes les idées qui y sont énoncées on se rendra compte que la théorie de M. Perrin se range parmi les plus importantes de la chimie et de la physique et ouvre aux recherches une ère nouvelle.

A. S.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

NOVEMBRE 1919

Le 1, violente bise toute la journée.
4, gelée blanche à glace le matin, pluie de 21 h. 40 à 22 h. 30 et dans la nuit.
5, pluie de 7 h. 30 à 10 h., de 11 à 15 h., de 17 à 21 h. et dans la nuit.
6, pluie de 7 à 12 h. et dans la nuit.
7, pluie de 9 à 10 h., de 12 à 14 h., de 19 à 22 h. 30 et dans la nuit.
8, petite pluie dans la journée.
9, pluie de 8 h. 40 à 10 h., de 15 à 18 h. et dans la nuit.
10, pluie de 7 h. 30 à 11 h. 40 et de 17 h. 20 à 18 h. 30.
11, petite pluie à 10 h. 30, neige dans la nuit.
13, gelée blanche à glace le matin.
14, gelée blanche à glace le matin, neige de 9 à 15 h., grésil de 16 h. 10 à 17 h., hauteur de la neige 1 cm.
15, pluie de 9 à 10 h. 15, de 10 h. 50 à 11 h. 20, de 12 h. 40 à 22 h. 30 et dans la nuit.
17, quelques flocons de neige le matin, neige de 14 h. 15 à 16 h. 20, de 20 h. 30 à 22 h. 30 et dans la nuit, hauteur de la neige 7 cm.
18, pluie de 7 h. 40 à 18 h. et dans la nuit.
19, pluie de 20 à 22 h. 30 et dans la nuit.
20, pluie de 12 h. 30 à 16 h., de 18 à 22 h. et dans la nuit éclairs au SW à 17 h. 25, orage à 17 h. 35.
21, neige de 7 h. 30 à 9 h. 10 et dans la nuit.
22, neige de 21 à 22 h. 30 et dans la nuit.
24, pluie dans la nuit.
25, pluie de 8 h. 45 à 10 h. 10, de 10 h. 50 à 12 h. 20, de 15 à 22 h. 30 et dans la nuit.
26, petite pluie de 18 à 20 h. et dans la nuit.
27, gelée blanche le matin, pluie de 18 h. 20 à 21 h.
les 28 et 29, gelée blanche à glace le matin.

Hauteur totale de la neige, 8 cm tombés en 2 jours.

GENÈVE — NOVEMBRE 1919

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm +							Vent					Nébulosité				Durée d'inso-lation	Pluie	
	7 1/2	13 1/2	21 1/2	Moyenne 8 obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	7 1/2	13 1/2	21 1/2	Dominant	V. moy. km/h.	7 1/2	13 1/2	21 1/2	Moy. 6 obs.		Hauteur 24 h.	Nomb. d'heur.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm										h	mm	
1	24.2	22.4	21.3	22.92	− 3.24	20.8	25.2	NNE 2	NNE 3	NNE 3	NNE. 3	**26.2**	10	9	10	10	0.0	....	....
2	20.8	20 9	21.9	21.20	− 4.96	20.4	22.0	SW 0	SW 0	SW 1	calme	1.1	9	10	10	10	0.0	...	....
3	22.3	23.5	25.2	23.41	− 2.74	22.0	25.4	W 0	SSW 0	SW 0	calme	1.6	9	9	10	9	0.0	....	...
4	24.7	23.1	22.9	23.85	− 2.31	22.2	25.3	SW 0	NNW 0	W 0	calme	1.0	2	0	10	5	6.2	11.7	10
5	21.5	19.2	14.4	19.21	− 6.95	12.3	23.5	NNE 0	SW 0	NNE 0	calme	1.5	10	10	10	10	0.0	15.1	**16**
6	11.1	11.3	13.4	**11.77**	**−14.39**	**10.4**	13.7	NW 0	SSW 2	SSW 1	SSW 1	11.7	10	9	10	8	1.0	5.4	7
7	13.6	13.8	14.8	13.75	−12.42	12.2	16.8	NE 0	SSW 1	SSW 2	SSW 1	8.8	9	9	10	9	0.2	7.9	10
8	17.3	18.7	20.0	18.49	− 7.69	16.8	20.6	SSW 0	NW 1	SW 1	SW 1	8.3	9	9	9	9	0.5	1.6	2
9	21.0	20.6	20.3	20.65	− 5.54	19.5	21 3	SSW 1	SSW 1	SSW 1	SSW 1	10.8	9	9	9	9	0.4	6.2	8
10	18.1	18.9	18.4	18 49	− 7.71	17.8	19.6	SE 0	S 1	SSW 1	SSW 1	7.7	10	2	10	8	2.1	3.7	5
11	17.9	19.3	20.0	18.89	− 7.32	17.2	20.0	SW 1	W 1	SW 1	SW 1	9.4	1	9	9	8	0.5	0.1	2
12	18.5	19.5	21.5	19.76	− 6.46	18.5	21.9	SW 1	NE 0	NE 0	var.	2.7	10	7	0	5	1.5	....	....
13	23.3	24.1	24.3	23.62	− 2.62	21.9	24.5	SE 0	E 0	SE 0	calme	0.9	0	0	0	0	**7 1**	....	....
14	21 2	18.3	16 8	19.68	− 6.57	15.8	24.1	SW 0	NNE 1	NE 0	calme	1.5	10	10	10	10	0.0	1.2	7
15	14.2	12 9	17.7	14.82	−11.45	12.2	20.8	SW 0	SSW 0	SW 2	SW 1	6.9	10	10	10	10	0.0	**33.4**	**16**
16	25.1	29.2	34.2	28.22	+ 1 93	20.8	35.3	SSW 1	NW 1	NNE 1	NNE 1	11.6	10	9	9	8	0.5	....	....
17	35.7	35.5	36.7	**35.99**	**+ 9.68**	35.3	**36.9**	SW 0	SW 1	W 0	var.	3.9	10	9	10	10	0.0	8.3	11
18	34.6	32.1	33.2	33.60	+ 7.26	31.4	36.3	NE 0	SW 2	NW 0	SW 1	4.6	10	10	9	9	0 0	12.5	12
19	33.3	31.5	30.2	32 08	+ 5.72	28.8	33.6	NW 0	NW 0	SW 0	SW 1	4.1	9	10	10	9	0.0	0.8	4
20	25.9	23.2	21.6	24.28	− 2.11	18.6	28.8	NW 1	SW 1	SW 2	SW 2	18.0	9	10	10	10	0 0	8 9	10
21	25.0	25.5	24.4	24.87	− 1 54	23.0	26 5	SSW 0	SSW 1	SW 1	SSW 1	12.1	10	1	8	5	5.1	0.8	4
22	28 6	29.9	30.2	28 80	+ 2.36	24.8	30.4	SW 1	SW 1	SW 0	SW 1	3.8	9	7	10	8	3.2	7.9	7
23	30 6	31.2	31.7	31.01	+ 4.54	29.7	31.8	NW 0	NW 0	NE 0	calme	1.1	10	9	10	8	0.3	....	....
24	29.8	28.5	26.6	28.78	+ 2.28	25.4	31.5	NNE 0	NNE 1	NW 0	var.	2.5	8	9	3	7	5.2	1.0	2
25	21.9	19.0	16.3	20.08	− 6.45	15.2	25.4	NNW 0	W 0	SW 1	SW 1	6.1	5	9	10	9	0.3	10.8	12
26	16.0	16.5	17.0	16.38	−10.19	15.3	17.4	SSW 0	SSW 1	SW 0	SSW 1	2.9	9	3	10	8	5.1	0.6	2
27	15.2	14.0	15.3	15.18	−11.42	13.2	17.0	NNE 0	NE 1	SSW 0	calme	1.4	8	9	10	9	3.5	1.5	3
28	18.9	20.0	23.2	20.15	− 6.49	16.9	23.8	SW 1	NNE 1	SW 1	var	2.4	0	1	0	1	7.0	....	...
29	25.6	25.5	26.0	25.40	− 1.27	23.8	26.2	SE 0	NNE 1	SSW 0	var	4.5	2	4	10	6	5.5	....	....
30	27 0	29.2	32.5	28.99	+ 2.28	25.4	33.4	SE 0	E 0	NNE 0	calme	1.0	7	9	0	6	1.3	...	....
Mois	22.77	22.57	23.06	22.81	− 3.04							6.00	7.5	7.4	8.2	7.7	56.5	139.4	150

Jour du mois	Température 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 8 obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	Fraction de saturation en 0/0 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 8 obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	Tempér. du Rhône Midi	Ecart av. la norm.	Limnimètre
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm
1	1.8	2.2	1.4	1.76	− 5.21	0.5	3.4	68	85	74	72	−11	62	86	10.4	−1.3	1580
2	0.1	1.4	0.7	0.58	− 6.21	−0.5	1.5	90	80	87	86	+ 3	77	91	—	—	1535
3	0.0	1.8	1.0	0.85	− 5.76	−0.5	1.9	84	79	88	85	+ 2	76	96	9.3	−2.1	1530
4	−3.4	4.8	2.0	1.17	− 5.27	−4.3	5.7	99	62	96	80	− 4	45	100	8.9	−2.4	1505
5	3.1	4.8	4.6	3.86	− 2.40	2.2	5.4	97	97	97	**96**	**+12**	90	100	8.7	−2.4	1505
6	4.0	13.0	11.5	8.86	+ 2.77	2.0	**13.6**	97	62	84	82	− 2	58	97	9.1	−1.9	1545
7	8.4	11.5	9.7	**10.10**	+ 4.18	7.8	13.0	86	81	90	83	− 1	63	92	9.3	−1.6	1525
8	7.8	9.5	9.0	8.89	+ 3.15	7.0	11.6	90	72	72	77	− 7	60	93	9.2	−1.5	1535
9	8.2	9.2	7.6	7.80	+ 2.23	6.0	10.3	66	69	68	**71**	**−13**	58	88	—	—	1525
10	3.1	7.8	4.7	4.74	− 0.66	2.5	8.0	91	57	72	74	−10	55	93	9.2	−1.3	1545
11	2.8	4.8	1.3	3.34	− 1.90	0.3	5.5	77	66	81	72	−12	64	88	8.0	−2.3	1545
12	−0.4	2.4	−1.8	0.24	− 4.83	−3.9	2.9	96	63	81	79	− 5	55	98	7.8	−2.4	1525
13	−6.6	3.4	−3.0	**−2.45**	**− 7.36**	**−7.0**	3.5	94	48	93	83	− 1	**44**	96	7.5	−2.6	1520
14	−2.8	−1.2	−0.6	−2.15	− 6.89	−5.5	−0.6	90	90	92	91	+ 7	90	96	6.7	−3.3	1505
15	0.0	2.0	3.2	1.49	− 3.09	−1.0	7.0	95	85	80	89	+ 5	71	97	6.5	−3.3	1530
16	−0.6	−0.6	−0.5	−0.19	− 4.61	−1.7	2.4	87	77	87	82	− 2	72	93	—	—	1485
17	−2.2	0.1	−1.2	−1.24	− 5.50	−3.3	0.3	90	97	93	90	+ 6	80	97	6.7	−2.9	1510
18	1.0	3.2	3.2	2.23	− 1.87	−1.8	5.3	82	90	95	89	+ 5	70	98	6.6	−2.8	1510
19	2.0	6.6	5.6	4.67	+ 0.72	1.2	7.5	96	80	91	89	+ 5	75	98	6.7	−2.6	1525
20	8.2	8.2	7.2	8.01	+ 4.22	5.0	9.8	72	80	78	75	− 9	64	84	6.9	−2.3	1515
21	2.6	5.8	2.2	3.63	− 0.01	1.0	7.2	79	63	80	75	− 9	60	88	6.7	−2.4	1495
22	1.0	6.9	3.2	2.86	− 0.63	0.0	7.3	88	58	78	80	− 4	56	98	6.6	−2.4	1515
23	2.6	6.4	5.8	4.50	+ 1.16	−0.1	8.4	95	94	95	94	+ 9	87	98	—	—	1525
24	5.0	12.2	5.8	7.82	+ **4.62**	4.5	12.6	97	68	92	86	+ 1	61	98	6.5	−2.2	1555
25	5.2	9.0	7.0	6.84	+ 3.78	4.5	9.7	94	81	91	90	+ 5	80	97	6.5	−2.1	1565
26	4.0	9.6	4.2	5.39	+ 2.47	3.0	9.6	83	50	81	74	−11	47	90	6.5	−2.0	1560
27	0.8	4.8	1.6	2.85	+ 0.07	−0.3	5.2	85	70	94	79	− 6	57	98	6.7	−1.7	1580
28	0.1	6.4	0.7	2.35	− 0.29	−1.0	8.7	90	60	87	83	− 2	54	95	6.7	−1.6	1580
29	−2.2	3.8	2.2	1.55	− 0.96	−3.3	3.8	92	66	82	78	− 7	62	94	6.6	−1.6	1595
30	0.4	5.8	1.0	2.81	+ 0.43	−1.2	6.2	97	70	90	84	− 1	66	98	—	—	1655
Mois	1.80	5.52	3.31	3.44	− 1.11	0.40	6.56	88	73	86	82	− 1			7.61	−2.02	1537

MOYENNES DE GENÈVE — NOVEMBRE 1919

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700 +

Heure	1 ½	4 ½	7 ½	10 ½	13 ½	16 ½	19 ½	22 ½	Moyenne
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	19.86	19.52	19.46	19.72	19.24	18 83.	19.03	19.33	19.37
2e »	25.35	25.04	24.98	25.30	24.55	24.38	25.40	25.74	25.09
3e »	23.41	23.56	23.86	24.66	23.91	23.76	24 14	24.39	23.96
Mois	22 87	22.71	22.77	23.23	22 57	22 32	22.86	23.15	22.81

Température

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	3.64	2.89	3.31	5.40	6.60	6.34	5 59	5 12	4.86
2e »	0.26	0.05	0.14	2.17	2.89	2.67	1.82	1.16	1.39
3e »	3.08	2.55	1.95	4.49	7.07	5.93	4.21	3.20	4.06
Mois	2.33	1.83	1.80	4.02	5.52	4.98	3.87	3.19	3.44

Fraction de saturation en %

1re déc.	84	85	87	78	74	73	79	83	81
2e »	87	88	88	80	78	79	83	88	84
3e »	86	90	90	77	68	75	84	88	82
Mois	86	88	88	78	73	76	82	86	82

Dans ce mois l'air a été calme 506 fois sur 1000

Le rapport des vents $\frac{NNE}{SSW} = \frac{26}{63} = 0.41$

Moyennes des 3 observations (7 ½, 13 ½, 21 ½)

	mm
Pression atmosphérique	22.80
Nébulosité	7.7
Temp. $\frac{7\frac{1}{2} + 13\frac{1}{2} + 21\frac{1}{2}}{3}$ . . .	3°.54
Temp. $\frac{7\frac{1}{2} + 13\frac{1}{2} + 2 \times 21\frac{1}{2}}{4}$.	3°.48
Fraction de saturation	82 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

		mm
Press. atmosphérique .	(1836-1875)	725 85
Nébulosité	(1847-1875)	7.9
Hauteur de pluie . .	(1826-1875)	74.0
Nombre de jours de pluie	»	11
Temp. moyenne. . .	»	4°.55
Fract. de saturation	(1849-1875)	83 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	Céligny	Collex	Chambésy	Châtelaine	Satigny	Athenaz	Compesières
Hauteur d'eau en mm	175.9	162.1	155.1	141.0	161.1	147.4	

Station	Veyrier	Observatoire	Cologny	Puplinge	Jussy	Hermance
Hauteur d'eau en mm	129.4	139.4	120.7		125.2	144.9

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS DE

NOVEMBRE 1919

Les 4, 5, 12, 15, 21 et 27, brouillard une partie de la journée.
les 2, 4, 5, 10, 11, 14, 15, 27 et 29, vent très fort.
les 5, 16, 17, 18, 21, 22, 23 et 26, violente bise.

GRAND SAINT-BERNARD — NOVEMBRE 1919

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 3 obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 ½	13 ½	21 ½	Dominant	Nébulosité 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 3 obs.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm								
1	58.4	57.0	55.8	57.1	− 6.2	55.6	58.5	SW 1	SW 2	SW 2	SW 2	10	10	10	10
2	55.3	55.2	55.6	55.4	− 7.8	55.1	55.7	SW 3	SW 2	SW 1	SW 2	10	10	9	10
3	56.7	57.6	59.1	57.8	− 5.4	55.7	59.2	SW 1	SW 1	SW 2	SW 1	8	7	10	8
4	59.2	60.3	61.7	60.4	− 2.7	59.0	61.9	SW 2	SW 3	SW 3	SW 3	0	0	10	3
5	61.8	60.6	58.5	60.3	− 2.7	57.6	61.8	SW 3	NE 3	SW 4	SW 3	10	10	10	10
6	53.8	53.4	54.1	53.8	− 9.2	53.2	57.6	NE 3	SW 2	NE 1	NE 2	10	10	10	10
7	54.5	55.5	55.0	55.0	− 7.9	54.3	55.6	SW 1	SW 1	SW 2	SW 1	9	8	10	9
8	56.1	56.5	58.2	56.9	− 6.0	55.3	58.4	SW 1	SW 2	SW 1	SW 1	9	10	8	9
9	58.0	58.7	57.5	58.1	− 4.7	57.3	58.8	SW 1	SW 1	SW 2	SW 1	4	5	8	6
10	54.6	53.4	54.0	54.0	− 8.7	53.2	57.3	SW 3	SW 1	SW 1	SW 2	10	10	9	10
11	52.6	53.0	53.5	53.0	− 9.7	52.5	53.5	SW 3	SW 1	NE 1	SW 2	10	1	10	7
12	51.2	51.2	52.5	**51.6**	**−11.0**	**51.0**	53.3	NE 1	NE 1	NE 1	NE 1	1	6	10	6
13	53.6	55.1	56.8	55.2	− 7.4	52.7	57.0	NE 1	NE 1	NE 1	NE 1	0	0	0	0
14	57.0	57.8	56.8	57.2	− 5.3	56.6	57.8	SW 5	SW 5	SW 3	SW 4	10	10	7	9
15	55.3	54.7	54.0	54.7	− 7.8	52.8	56.6	SW 3	SW 1	SW 1	SW 2	10	10	10	10
16	54.8	55.1	59.2	56.4	− 6.1	54.0	60.3	NE 1	NE 5	NE 5	NE 4	10	10	10	10
17	62.0	63.3	65.8	63.7	+ 1.3	60.3	66.0	NE 5	NE 1	NE 3	NE 3	10	10	10	10
18	66.2	64.2	66.0	65.5	+ 3.3	63.0	66.5	NE 3	NE 3	NE 1	NE 2	10	10	10	10
19	66.8	66.1	65.7	66.2	+ 3.9	65.3	67.1	NE 1	NE 2	SW 1	NE 1	8	10	7	8
20	62.0	59.8	57.2	59.7	− 2.6	57.0	65.3	NE 0	SW 1	SW 0	SW 1	9	10	10	10
21	57.1	57.1	56.8	57.0	− 5.3	56.0	57.3	NE 3	NE 4	NE 2	NE 3	10	10	10	10
22	56.8	61.6	62.5	60.3	− 1.9	55.7	62.6	NE 3	NE 2	NE 1	NE 2	10	10	10	10
23	64.7	66.6	67.8	**66.4**	**+ 4.2**	62.4	68.1	NE 3	NE 3	NE 0	NE 2	10	7	0	6
24	66.3	65.3	63.8	65.1	+ 3.0	63.5	68.2	NE 0	NE 0	SW 0	calme	0	1	0	0
25	60.5	58.0	55.4	58.0	− 4.1	54.5	63.5	SW 1	SW 1	SW 0	SW 1	10	10	10	10
26	51.1	52.1	53.1	52.1	−10.0	50.8	54.5	NE 4	NE 1	SW 1	NE 2	10	3	1	5
27	53.1	52.1	51.2	52.1	−10.0	51.1	53.3	SW 2	SW 4	SW 1	SW 2	3	10	10	8
28	54.4	55.6	58.5	56.2	− 5.8	51.3	59.1	SW 2	SW 1	SW 1	SW 1	0	3	1	1
29	60.1	61.4	63.3	61.6	− 0.4	59.1	63.5	NE 2	SW 2	SW 3	SW 2	0	2	10	4
30	64.0	65.4	68.4	65.9	+ 3.9	63.5	**68.8**	SW 2	SW 0	SW 1	SW 1	10	0	0	3
Mois	57.93	58.12	58.59	58.21	− 3.82							7.4	7.1	7.7	7.4

Jour du mois	Température 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 3 obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	Fraction de saturation en % 7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne 3 obs.	Min.	Max.	Pluie et Neige: Ancien Pluie	pluv. Neige	Nouv. Pluie	pluv. Neige
	°	°	°	°	°	°	°							mm	cm	mm	cm
1	− 9.8	− 7.6	− 6.2	− 7.9	− 4.7	−10.1	− 6.0	79	95	93	89	54	96	16.0	18	30.0	36
2	− 7.2	− 6.1	− 8.3	− 7.2	− 3.9	− 9.0	− 5.3	95	95	95	95	95	96	2.1	**2**	3.4	3
3	− 8.4	− 7.0	− 8.9	− 8.1	− 4.7	−10.0	− 6.4	95	94	95	95	92	96	....	....	....	....
4	−11.3	− 8.1	− 8.2	− 9.2	− 5.6	−11.5	− 7.8	94	92	95	94	90	97	....	....	....	....
5	− 6.6	− 5.0	− 4.1	− 5.2	− 1.5	− 8.0	− 3.9	95	96	100	97	93	100	20.3	16	**39.0**	30
6	− 3.6	− 1.7	− 3.7	− 3.0	+ 0.9	− 4.0	− 0.4	100	100	97	**99**	96	100	1.4	1	2.0	1
7	− 4.7	− 0.4	− 2.9	− 2.7	+ 1.3	− 5.4	− 0 1	84	85	100	90	82	100	9.0	12	12.7	20
8	− 4.8	− 5.3	− 6.9	− **5.7**	− 1.6	− 7.2	− 2.9	95	86	80	87	76	100	2.8	2	4.6	4
9	− 6.4	− 5.8	− 7.7	− 6.6	− 2.4	− 8.1	− 4.8	77	77	93	82	66	95	....	....	....	....
10	− 9.0	− 5.7	−11.4	− 8.7	− 4.3	−12.0	− 5.2	86	84	83	84	43	89	7.0	10	10.4	14
11	−11.0	− 8.2	−11.6	−10.3	− 5.8	−13.2	− 7.8	90	76	94	87	63	96	6.0	11	10.0	15
12	−15.8	−13.0	−16.0	−14.9	−10.3	−17.1	−12.0	76	70	95	80	58	97	....	....	....	....
13	−18.8	−16 2	−14.8	**−16 6**	**−11.8**	**−20.0**	−14.4	92	83	39	71	37	95	....	....	....	....
14	−16.0	−13.7	−11.6	−13.8	− 8.9	−17.2	−10 0	80	26	89	65	**24**	92	25.0	**30**	38.8	**45**
15	− 6.9	− 4.2	− 5.2	− 5.4	− 0.4	−10.0	− 3.6	92	95	95	94	92	97	12.4	17	17.5	25
16	−13.6	−15.0	−17.7	−15.4	−10.3	−19.0	− 7.5	89	86	86	87	70	97	10.8	15	16.3	22
17	−18.2	−13.9	−12.7	−14.9	− 9.6	−19.6	−11.0	86	86	87	86	83	90	7.5	8	16.0	18
18	− 7.8	− 5.8	− 6.9	− 6.8	− 1.4	−11.0	− 5.4	90	91	92	91	90	94	16.0	18	19.0	18
19	− 8.4	− 5.2	− 4.4	− 6.0	− 0.5	− 8.7	− 3.7	76	88	86	83	75	95	2.2	3	2.5	3
20	− 6.4	− 5.1	− 6.2	− 5.9	− 0.3	− 6.8	− 4.6	90	84	93	89	73	96	18.0	20	18.0	20
21	−12.2	−11.1	−13.4	−12.2	− **6.5**	−13.8	− 6.8	94	90	90	91	78	95	5.0	7	9.7	12
22	−14.0	−10.5	− 9.6	−11.4	− 5.6	−15.1	− 6.5	90	90	95	92	40	96	28.6	24	31.4	28
23	− 4.1	0.0	− 2.4	− **2.2**	+ **3 7**	− 6.5	**1.3**	97	100	80	92	51	100	....	....	....	....
24	− 3.4	− 1.0	− 3.4	− 2.6	+ 3.4	− 3.8	0.2	63	55	61	**60**	44	70	. .	....	....	....
25	− 3.0	− 4.4	− 6.5	− 4.6	+ 1.5	− 7.0	− 2.6	98	93	97	96	70	99	**33.2**	**30**	35.1	35
26	− 8.7	− 8.5	−10.9	− 9.4	− 3.2	−11.8	− 7.0	96	96	82	91	61	97	0.5	1	2.8	2
27	−11.9	−11.2	−10.4	−11 2	− 4.9	−12.3	−10 0	75	94	94	88	70	95	5.2	7	10 0	10
28	−13.8	−10.8	−12.5	−12.4	− 6.0	−14 1	− 9.8	73	65	79	74	62	94	....	....	....	....
29	−13.4	−11.4	− 9.9	**−11 5**	− 5.0	−14.2	− 8.8	81	80	90	84	73	92	3.0	4	4 8	5
30	− 5 2	− 3.0	− 5 9	− 4.7	+ 1.9	− 8.8	− 1.7	96	96	95	96	92	97	....	.. .	....	....
31																	
Mois	−9.48	− 7.50	−8.68	−8.55	− 3.25	−11.18	−5.82	87	85	88	87			232.0	256	334.0	366

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD — NOVEMBRE 1919

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — 0mm.22. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500mm +

Heure	7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne
	mm	mm	mm	mm
1re décade	56.84	56 82	56.95	56.88
2e »	58.15	58.03	58 75	58.32
3e »	58.81	59.52	60.08	59.47
Mois	57.93	58 12	58.59	58.21

Fraction de saturation en %

7 ½	13 ½	21 ½	Moy.
90	90	93	91
86	78	86	83
86	86	86	86
87	85	88	87

Température

Heure	7 ½	13 ½	21 ½	Moyenne $\frac{7\frac{1}{2}+13\frac{1}{2}+21\frac{1}{2}}{3}$	Moyenne $\frac{7\frac{1}{2}+13\frac{1}{2}+2\times21\frac{1}{2}}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	– 7.18	– 5.27	– 6.83	– 6.43	– 6.53
2e »	–12.29	–10.03	–10.71	–11.01	–10.94
3e »	– 8.97	– 7.19	– 8.49	– 8.22	– 8.28
Mois	– 9.48	– 7.50	– 8.68	– 8 55	– 8 58

Dans ce mois l'air a été calme 89 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{72}{95} = 0.76$

Pluie et neige dans le Val d'Entremont

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	Grand St-Bernard Anc. P.	Grand St-Bernard Nouv. P.
Eau en mm . .	124.9	80.7	82.8	232.0	334.0
Neige en cm . .	13	61	97	256	366

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE VOLUME I (5me PÉRIODE)

1919 — Janvier-Décembre

Pages.

Compte rendu des séances de la Société vaudoise des Sciences naturelles.

Séance du 10 mai 1918. — MM. Duboux et Caciro. Recherches sur le dosage physico-chimique de quelques corps par précipitation accé-

Compte rendu de la séance de la Société suisse de physique tenue à Berthoud (Burgdorf) le 10 mai 1919.

Compte rendu de la séance de la Société suisse de physique tenue à Lugano, le 8 sept. 1919.

Bulletin scientifique.

Observations météorologiques faites à Genève et au Grand Saint-Bernard.

SUPPLÉMENT N° 1

Compte rendu des séances de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève.

SUPPLÉMENT N° 2

SUPPLÉMENT N° 3

TABLE DES AUTEURS

POUR LES

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

6me Période. Vol. 1, Année 1919.



Supplément aux Archives des Sciences physiques et naturelles
1919

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

Vol. 36, N° 1. 1919 Janvier-Mars

Comité pour l'année 1919.

Bureau
- M. Johann Carl, *Président.*
- M. Léon-W. Collet, *Vice-Président.*
- M. Augustin de Candolle, *Trésorier.*
- M. F. Louis Perrot, *Secrétaire-correspondant.*
- M. Etienne Joukowsky, *Secrétaire des séances.*

Membres adjoints
- M. John Briquet.
- M. Albert Brun.
- M. Arnold Pictet.
- M. Frédéric Battelli.

Membres ordinaires résidant a Genève.

Ador, Emile, rue Sénebier, 20	(1873)
Battelli, Frédéric, rue Eynard, 6	(1902)
Bedot, Maurice, Muséum, Bastions	(1884)
Bétant, Alfred, rue de Lausanne, 113	(1919)
Boissier, Raoul, rue de la Tertasse, 4	(1917)
Bonna, Auguste, rue Petitot, 15	(1898)
Briner, Emile, rue de la Cité, 20	(1910)
Briquet, John, rue du Rhône, 54	(1893)
Brun, Albert, rue des Moulins, 1	(1890)
Bujard, Eugène, rue Bergalonne, 6	(1914)

Cailler, Charles, av. de la Gare des Eaux-Vives, 35 (1893)
Candolle, Augustin de, chemin du Square, 3 (1900)
Carl, Johann, Muséum, Bastions (1905)
Chaix, Emile, chemin des Cottages, 128 bis (1890)
Chaix. André, place Jargonnant, 3 (1912)
Chodat, Robert, Pinchat sur Carouge (1888)
Claparède, Edouard, chemin de Champel, 11 (1904)
Collet, L.-W. chemin de Vert-Pré, Conches, 35 (1909)
Cristiani, Hector. Corraterie, 15 (1907)
Demole, Eugène, chemin de Miremont, 8 (1874)
Du Bois, Charles, rue Saint-Léger, 4 (1907)
Duparc, Louis, Ecole de Chimie (1889)
Espine, Adolphe d', rue Beauregard, 6 (1874)
Esternod, Auguste d', Noirettes 15, Acacias (1908)
Favre, Ernest, rue des Granges, 8 (1869)
Favre, François, rue des Granges, 12 (1913)
Favre, Jules, Muséum, Bastions (1913)
Flournoy, Théodore, chemin de Florissant, 9 (1890)
Gautier, Maurice, rue de l'Hôtel de Ville, 14 (1893)
Gautier, Raoul, Observatoire (1883)
Gonsalves, Max, boul. des Philosophes. 17 (1919)
Guye, Charles-Eugène, chemin de Florissant, 4 (1889)
Guye, Philippe-Auguste, chemin Bizot, 3 (1892)
Hochreutiner, Georges, avenue Wendt, 47 (1902)
Joukowsky, Etienne, Muséum, Bastions (1909)
Lagotala, Henri, Arsenal, Plainpalais (1916)
Le Royer, Alexandre, rue Tœpffer, 19 (1889)
Lessert, Roger de, Buchillon, Vaud (1910)
Long, Edouard, rue Constantin, 6 (1905)
Lullin, Théodore, rue Beauregard, 6 (1897)
Micheli, F. Jules, Jussy (1902)
Penard, Eugène, rue Tœpffer, 3 (1889)
Perrot, F. Louis, Chambésy (1889)
Pictet, Amé, rue Bellot, 13 (1887)
Pictet, Arnold, Château Banquet, rue de Lausanne (1897)
Pidoux, Justin, Observatoire (1898)
Pittard, Eugène, chemin des Cottages, 36 (1904)
Prévost, J. Louis, rue Eynard, 6 (1868)
Reich, Siegmund, Ecole de Chimie (1917)
Reinhard, Max. Florissant, 72 (1919)
Reverdin, Frédéric, rue Michel-Chauvet, 8 (1897)
Reverdin, Jacques, Pregny (1913)
Rive, Lucien de la, Choulex (1863)

Sabot, René, Ecole de chimie (1919)
Sarasin, Charles, rue de la Cité, 22 (1892)
Schidlof, Arthur, avenue du Mail, 26 (1911)
Stern, Lina, Ecole de Médecine (1908)
Tommasina, Thomas, Mon Ermitage, Champel (1902)
Van Berchem, Paul, Grand Mézel, 4 (1890)
Weber, Edmond, Muséum. Bastions (1910)

Membres émérites

Bach, Alexis, Moscou (1902)
Baume, Georges, Paris (1910)
Bugnion, E., Aix-en-Provence (1908)
Burnat, Emile, Vevey (1902)
Cantoni, Humbert, Paris (1910)
Crafts, J. M., Boston (1893)
Delebecque, André, Paris (1890)
Dussaud, Bernard, Paris (1898)
Jacquerod, A., Neuchâtel (1905)
Pictet. Raoul, Paris (1869)
Ritter, Etienne, Colorado (1908)
Saussure, René de, Berne (1903)
Schepilof, Cath., Moscou (1902)
Sulzer, David, Paris (1897)

Membres honoraires

Blanc H., Lausanne (1910)
Blondlot, René, Nancy (1903)
Capellini, Giovanni, Bologne (1911)
Chantre, Ernest, Lyon (1870)
Ciamician, Giacomo, Bologne (1912)
Engler, Adolf, Berlin (1914)
Fischer, Emil, Berlin (1892)
Graebe, Charles, Francfort (1907)
Guillaume, Ch.-Ed., Sèvres (1894)
Haller, Albin, Paris (1910)
Hanriot. Maurice, Paris (1892)
Hantzsch, A.-Rud., Leipzig (1892)
Heim, Albert, Zurich (1884)
Lehmann, Otto. Karlsruhe (1910)
Lemoine, Georges, Paris (1913)
Lockyer J. Norman, Londres (1875)
Lorentz, Hend.-A., Leyde (1900)
Maquenne, Léon, Paris (1892)
Mourelo, José-Rod., Madrid (1913)
Nagaoka, H., Tokio (1900)
Noelting. Emile, Milan (1892)
Ostwald. W., Grossbothen (1910)
Paterno di Sessa, E., Rome (1912)
Radlkofer, Lud., Munich (1889)
Righi, Auguste, Bologne (1898)
Sarasin, Fritz. Bâle (1910)
Studer, Théophile, Berne (1887)
de Vries. H., Amsterdam (1917)
Weiss, Pierre. Zurich (1910)
Werner, Alfred, Zurich (1910)
Wiedemann, E., Erlangen (1887)
Zschokke. Fritz, Bâle (1915)

Associés libres

Barbey, Auguste (1915)
Béraneck, Edmond (1897)
Cardoso, Ettore (1910)
Darier, Georges (1903)
Fatio, Henry (1905)
Flournoy, Edmond (1893)

Flournoy, Henri (1910)
Frütiger, Georges (1894)
Hahn, Ernest (1916)
Luc, Armand de (1913)
Martin, Edouard (1891)
Paccard, David (1892)
Paccard, Edmond (1892)
Parodi, Henri (1914)
Perrot, Gaston (1916)
Pictet, Guillaume (1899)
Pictet, Louis (1890)
Pictet, Pierre (1915)
Rilliet, Auguste (1910)
Turrettini, Edmond (1905)
Turrettini, William (1916)

Séance du 16 janvier 1919.

Présidence de M. Carl.

M. Batteli, président sortant de charge, donne lecture de son rapport sur l'activité de la Société pendant l'année 1918. Ce rapport contient des notices nécrologiques sur MM. Emile Yung et Casimir de Candolle, membres ordinaires, Johannes Coaz et Pierre Blaserna, membres honoraires, James Odier et William Favre, associés libres. Ces notices seront publiées in extenso dans le volume 39 des Mémoires de la Société de Physique et d'Histoire naturelle.

Raoul Gautier. — *Nouvelle baisse extraordinaire du baromètre et records de basse pression à Genève.*

M. Raoul Gautier signale la chute du baromètre dans la nuit du 4 au 5 janvier 1919. Le minimum a été de $694^{mm}.9$ à l'observatoire et a été atteint à 6 h 40 m. C'est encore un millimètre plus bas que le record antérieur du 7 mars 1917 ($695^{mm}.9$) lequel battait lui-même le record du 18 novembre 1916 ($698^{mm}.7$).

Cette baisse extraordinaire du baromètre à Genève est due à une aire de basses pressions qui s'étendait à ce moment-là sur toute l'Europe occidentale et provenait de l'extension au sud d'une dépression qui régnait sur la Mer du Nord depuis le 2 janvier. Cette dépression a provoqué un régime intense de fœhn, durant plusieurs jours, dans les vallées du versant nord des Alpes, mais pas à Genève. La Suisse occidentale se trouvait alors dans la zone des plus basses pressions, ce qui est rare ; mais les

minima absolus relevés sur la carte du « Bulletin international du Bureau météorologique central de France » se trouvaient en France, en Vendée et sur le Cotentin.

Cette basse pression du 5 janvier 1919 au matin constitue-t-elle un *record* absolu pour Genève ? On peut répondre affirmativement en ce qui concerne l'observatoire, où l'on observe le baromètre depuis janvier 1836. On peut même étendre cette assertion en arrière jusqu'en 1826, car, de 1826 à 1835, les observations se faisaient presqu'au même niveau, sur l'une des piles du pont suspendu des Tranchées et, durant cette période de dix ans, le baromètre n'est pas descendu au-dessous de 26 pouces, soit 704 millimètres.

Et auparavant ? En feuilletant les anciennes observations, M. Gautier a retrouvé d'abord une faible pression notée le 10 janvier 1803 à l'ancien jardin botanique du Cavalier Micheli (terrasse du palais Eynard). Réduite au niveau du baromètre de l'observatoire, cette pression est de 700^{mm} environ, une hauteur qui a été atteinte plusieurs fois au cours du XIXe siècle et qui, jusqu'au 18 novembre 1916, semblait devoir rester le minimum absolu.

Mais entre 1803 et 1825 il y a eu une baisse très forte du baromètre dans la nuit du 24 au 25 décembre 1821. On la retrouve déjà dans les observations régulières faites au Cavalier Micheli ; mais on dispose de détails encore plus intéressants à son sujet dans le « Journal météorologique fait à Genève par Jean-André De Luc neveu » journal commencé en janvier 1821 et où son auteur reprend, après 20 années d'interruption, les célèbres observations de son père, Guillaume-Antoine De Luc, de 1768 à 1800, dans leur immeuble N° 19 de la rue de la Cité.

A la date du 24 décembre 1821 au soir, Jean-André De Luc note, à 6 h $^{1}/_{2}$, « La chute du baromètre dans cette journée est très extraordinaire ». Puis il observe la pression à 11 h, 11 h $^{1}/_{2}$, 2 h et 2 h $^{1}/_{2}$ et constate le minimum absolu à 11 h $^{1}/_{2}$: 25 p. 9 l. $^{2}/_{3}$ avec une température extérieure de 9° $^{1}/_{2}$ Réaumur. Il y a donc certainement eu, cette nuit là, un fœhn caractérisé à Genève. De Luc indique encore ceci : « Mon second baromètre est à 25 p. 10 l. et les bons baromètres de la ville à 25 p. 9 l. ».

Pour déterminer la hauteur barométrique à l'altitude de l'ob-

servatoire, il faut procéder par comparaisons. La lecture faite par DE LUC le 25 décembre à 8 h. du matin était de 25 p. 11 l. Le baromètre du Cavalier Micheli accusait, ce matin-là, 25 p. 10 l. $^1/_2$. Celui de DE LUC était donc relativement plus haut que celui de l'ancien jardin botanique. Cela est confirmé du reste par une remarque manuscrite de J.-A. DE LUC notée à la page 1 du Journal météorologique de son père[1], disant « Le baromètre de mon père se tient $^3/_4$ de ligne plus haut que celui du jardin botanique ». Celui-ci était à 10^{m}.50 au-dessous de celui de l'observatoire actuel. En tenant encore compte de la température, on peut conclure que, le 24 décembre au soir, la pression atmosphérique calculée pour la cote de l'observatoire (405^{mm}) était un peu au-dessous de 694^{mm} (693^{mm}.7), soit à un millimètre environ au-dessous de la hauteur minimum atteinte le 5 janvier 1919.

Et maintenant la question se pose : est-ce le minimum absolu de Genève ? A cela répond une remarque de J.-A. DE LUC notée le 24 décembre 1821 : « Le baromètre est demi-ligne plus bas que mon Père ne l'ait jamais vu. » Or durant les 32 ans que G.-A. DE LUC a noté quotidiennement la hauteur barométrique, nous n'en trouvons qu'une vraiment basse : celle du 22 novembre 1768. En la réduisant d'après les mêmes méthodes que celle du 24 décembre 1821, on trouve pour cette hauteur, réduite à l'altitude de l'observatoire, environ 696 millimètres.

On peut donc affirmer que, pour une période de plus de 150 ans en arrière de l'époque actuelle, le minimum absolu du baromètre a été noté le 24 décembre 1821 et que le minimum constaté le 5 janvier 1917 vient immédiatement après.

Voici d'ailleurs, rangés par ordre de grandeur, tous les minima observés à Genève de 1768 à 1919 inférieurs à 700^{mm}.5 et réduits à l'altitude de 405 m.

mm			mm		
694 (693,7)	le 24 décembre	1821	700.0	le 2 février	1912
694,9	5 janvier	1919	700 environ	10 janvier	1803
695.9	7 mars	1917	700.2	26 décembre	1856
696	21 novembre	1768	700,3	22 mars	1855
697,8	18 »	1916	»	14 octobre	1875

[1] Journal météorologique (manuscrit) de l'année 1768 (et années subséquentes) fait à Genève par Guillaume-Antoine De Luc.

A Paris, d'après l'aimable indication fournie par M. Alfred Angot, directeur du Bureau central météorologique de France en envoyant les derniers « Bulletins », le minimum absolu de pression est à la même date qu'à Genève : le 24 décembre 1821. Il est de 719^{mm}.4 réduit au niveau de la mer. Vient ensuite le minimum du 18 novembre 1916 : 722^{mm}.3. Ce jour-là le centre de la dépression, peu étendue d'ailleurs, a passé très près de Paris au nord-ouest, et la pression augmentait assez sensiblement du côté de la Suisse. Le 5 janvier 1919 au contraire la dépression était très étendue et la pression, réduite au niveau de la mer, était presque la même à Paris et à Genève. On ne sait naturellement pas quelle était la répartition des pressions le 24 décembre 1821, les cartes météorologiques datant seulement de 1863.

Séance du 6 février 1919.

Eugène Bujard. — *Une déformation des mâchoires chez le rat albinos.*

Il s'agit d'un rat jeune encore et ne mesurant que 12 cm du museau à la racine de la queue. Il présente un défaut d'engrènement des incisives avec torsion de la mandibule vers la droite. Ceci a eu pour conséquence un manque d'usure des incisives, qui se sont incurvées et allongées outre mesure. Les incisives inférieures, trois fois plus longues que normalement, font saillie à droite. L'incisive gauche, plus profonde, s'enfonce dans le vestibule droit ; son frottement a déterminé un épaississement de la muqueuse et la formation, au niveau du diastème, d'un cal fibreux sur le bord du maxillaire supérieur. L'incisive droite, plus superficielle, a usé la lèvre et provoqué une perte de substance triangulaire dont les bords sont cicatrisés. Les incisives supérieures sont déviées à gauche ; elles sont recourbées en demi-cercle et se perdent dans le vestibule ; les lèvres les recouvrent presque complètement. L'examen du squelette nous montrera que l'incisive supérieure gauche se termine librement dans le vestibule, tandis que la droite enchâsse son extrémité dans la voûte palatine, latéralement au trou incisif droit.

Cet examen du squelette révèle d'autres anomalies, invisibles extérieurement. La rangée des molaires fait défaut à gauche sur les deux maxillaires ; à droite, seules les deux premières molaires sont apparues.

Les deux mandibules présentent un amoindrissement de l'angle mandibulaire, de l'apophyse coronoïde et du condyle. La longueur de ce dernier équivaut aux deux tiers du condyle d'un rat normal de même taille. L'échancrure sigmoïde en est d'autant plus large et moins creuse. La mandibule gauche, plus grêle, est à peu près normale, à part l'anomalie dentaire déjà signalée. La mandibule droite, plus massive, est déformée au niveau de sa branche montante. Toute cette région est un complexe de rugosités et de perforations, indiquant une lésion qui était masquée, sur les deux faces de la mandibule, par un gros cal fibreux.

Le crâne est légèrement déformé par la torsion à droite du massif maxillo-nasal et, comme corollaire, la déviation à gauche des deux incisives supérieures. Cette torsion paraît due à un raccourcissement du maxillaire supérieur droit. L'arcade zygomatique droite est plus incurvée que la gauche. Les arcades dentaires sont plus courtes que chez le rat normal de même taille. L'arcade droite ne porte que deux molaires et la gauche est réduite à un massif osseux à la base de la racine jugale de l'arcade zygomatique.

Quant aux parties molles, le seul fait à relever est une hypertrophie de la musculature massétérine à droite. Chez le rat, comme chez les rongeurs en général, le masséter comprend deux faisceaux principaux. L'un, superficiel, est formé de fibres obliques insérées en éventail sur l'angle mandibulaire ; il se termine par un tendon agrafé sur le maxillaire supérieur, en avant et au dessous du trou sous-orbitaire. Son action est d'élever et de projeter en avant la mandibule. L'autre, profond, est composé de fibres verticales insérées sur la crête massétérine de la mandibule ; il se fixe sur l'apophyse zygomatique et les parties basses de l'orbite. Il est avant tout élévateur de la mâchoire et exerce une pression puissante au niveau des molaires. L'hypertrophie intéresse ici surtout le masséter profond ; sa valeur est telle que l'épaisseur totale des masseters est double à droite. Les

temporaux, muscles élévateurs et légèrement rétracteurs de la mandibule sont normaux.

L'intérêt principal de cette déformation nous a paru, cependant, résider dans les modifications de la structure intérieure des maxillaires. Pour l'étudier, nous avons éclairci la pièce par la méthode de Spalteholtz, après coloration à l'alizarine.

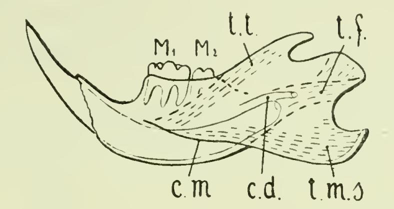


Fig. 1. — Mandibule gauche d'un rat normal.

Chez le rat normal (fig. 1), la mandibule est essentiellement constituée par un levier courbe, qui forme un tube osseux logeant l'incisive. Dans la concavité de ce levier, repose le massif alvéolaire des molaires. Ce levier se continue jusqu'au-dessous du condyle par une *trajectoire fondamentale (t. f.)* dont les tra-

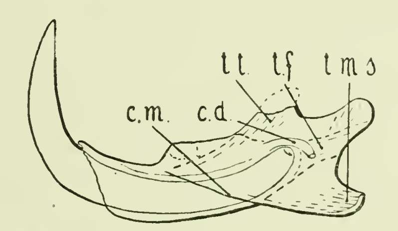


Fig. 2. — Mandibule gauche du rat anormal.

vées encadrent l'orifice du canal dentaire *(c. d.)*. Celui-ci se prolonge en avant le long du bord cranial du levier mandibulaire. Le condyle s'appuie sur la trajectoire fondamentale par un faisceau de trabécules obliques. Sur le levier, se fixent, à angle aigu, les deux trajectoires musculaires principales, la *trajectoire du temporal (t. t.),* élévation et rétraction de la mandibule, et la *trajectoire du masseter superficiel (t. m. s.),* protraction et élévation. La *trajectoire du masseter profond,* élévation de la man-

dibule et pression des molaires, s'implante verticalement sur la crête massétérine *(c. m.)*. Elle est peu puissante.

Chez le rat anormal, cette structure est modifiée parallèlement aux modifications musculaires.

La mandibule gauche (fig. 2) a une structure presque normale, mais ses deux trajectoires musculaires *(t. t.* et *t. m. s.)* sont très affaiblies. L'allongement de la racine incisive a déformé le canal dentaire *(c. d.)* qui dessine une concavité ventrale très nette. Le massif osseux des molaires est atrophié ; on y retrouve les traces de deux alvéoles.

La mandibule droite est plus déformée (fig. 3). Tout l'effort masticateur s'est porté sur les molaires droites, du fait de leur

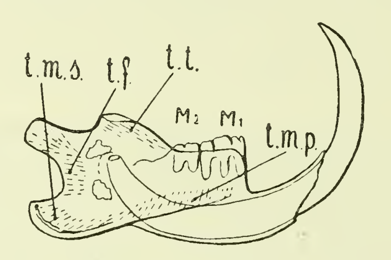


Fig. 3. — Mandibule droite du rat anormal.

absence à gauche et du défaut d'engrènement des incisives. La courbure du levier est plus forte. La racine incisive fait saillie sur la face latérale et y détermine une tubérosité anormale, à la base de l'apophyse coronoïde. La trajectoire fondamentale *(t. f.)* plus large que normalement, est discontinue. Deux grosses lacunes ont détruit la branche montante du maxillaire à son niveau. La trajectoire du temporal *(t. t.)* est très faible. La trajectoire du masseter superficiel *(t. m. s.)* est à peine marquée ; elle se confond peu à peu avec la trajectoire du masseter profond *(t. m. p.)*, qui est très puissamment développée.

En résumé, il y a, de chaque côté, effacement des trajectoires du temporal et du masseter superficiel. L'action de ces muscles se borne ici à la fermeture de la bouche. La protraction et la rétraction de la mandibule sont devenues inutiles par le défaut d'engrènement des incisives[1]. A droite, la trajectoire du masseter pro-

[1] Le racourcissement du condyle paraît dépendre de cette même action, suppression du mouvement de rongement.

fond s'est, par contre, hypertrophiée parallèlement au développement musculaire destiné à produire tout l'effort masticateur, localisé sur les molaires droites. Les lacunes et irrégularités de la branche montante droite ne paraissent pas dues à la cicatrisation d'une fracture; il n'y a ni raccourcissement, ni déplacement de la région. Elles paraissent plutôt être le résultat d'un travail de modelage, c'est-à-dire d'adaptation progressive de l'os aux nouvelles conditions mécaniques.

La déformation que nous venons de décrire est connue de tous les éleveurs de rats albinos. Elle n'est cependant pas très fréquente. C'est la première que nous ayons observée depuis une quinzaine d'années, quoique l'élevage du laboratoire comprenne chaque année une cinquantaine de rats en moyenne. Nous avons retrouvé un cas plus ancien dans les collections.

La cause de cette malformation est diffcile à déterminer. En 1903, WIEDERSHEIM [1] décrit un cas semblable, mais avec distorsion inverse des incisives et formule dentaire complète. Il admet, en l'absence de toute fracture, une paralysie unilatérale de la musculature masticatrice.

Le fait principal de notre observation, paraît avoir été la disparition des molaires gauches. Il se serait produit ainsi un déséquilibre dans la mastication, avec hypertrophie du masseter profond droit. Cette hypertrophie unilatérale aurait fait dévier peu à peu la mandibule à droite, supprimant l'engrènement des incisives, qui se sont dès lors allongées et incurvées indéfiniment. La disparition des molaires a dû être précoce, sans cependant remonter à une atrophie folliculaire, puisqu'on retrouve les traces des deux alvéoles sur la mandibule gauche.

Léon-W. COLLET et R. MELLET. — *Le lac Ritom (Haute Léventine, Tessin). — Provenance de l'hydrogène sulfuré. — Abaissement du niveau du lac de 30 m.*

Le lac Ritom était formé, avant l'abaissement de son niveau par l'Administration des Chemins de fer fédéraux, de deux nappes d'eau superposées de minéralisation très différente : une nappe de surface contenant une eau aérée, faiblement minéra-

[1] WIEDERSHEIM. *Ueber ein abnormes Rattengebiss*. Anat. Anz., 1903, vol. 22, p. 569-573.

lisée; puis une nappe de fond stagnante très minéralisée et sulfurée.

MM. Collet et Mellet, à la suite de leurs études exécutées avant et après l'abaissement du niveau du lac, admettent que la minéralisation de la nappe de fond était due à des sources sous-lacustres fortement séléniteuses provenant des roches dolomitiques et gypsifères qui forment une grande partie du bassin du lac. La sulfuration de la même nappe provenait d'une réduction lente des sulfates alcalino-terreux, avec mise en liberté d'hydrogène sulfuré, par les matières humiques abondantes dans le grand delta et les terrains de la rive gauche du lac.

L'abaissement du niveau du lac de 30 m. environ a provoqué des glissements considérables dans les deltas des affluents et a mis à jour des stries glaciaires fortement relevées vers l'aval.

Une étude détaillée du lac Ritom paraîtra dans le N° 13 des *Communications du Service des Eaux* du Département suisse de l'Intérieur, Berne.

André Chaix. — *Coulées de blocs (Rock-glaciers, Rock-streams) dans le parc national suisse de la Basse-Engadine.*

Ce phénomène a déjà été décrit dans les îles Falkland par J.-G. Anderson, dans les montagnes de San Juan, Colorado, Etats-Unis, par Whitman Cross et E. Howe, en Alaska par S.-R. Capps, et E. de Martonne le signale dans son *Traité de Géographie physique.*

Il semble qu'en Suisse il n'a encore été mentionné nulle part, et la rareté de ce phénomène proviendrait de ce que les particularités géologiques de la Basse-Engadine ne se rencontrent guère dans le reste de la Suisse : les montagnes du Parc sont formées presque exclusivement de Trias et de Rhétien, qui se désagrègent à tel point que les crêtes rocheuses y sont aux deux tiers ensevelies dans leurs éboulis.

Les 3 coulées de blocs que contient le Parc national sont situées au-dessus de 2000 m. Nous avons reconnu sommairement celles du Val dell' Acqua et du haut de la Valletta ; celle du Val Sassa a fait l'objet d'une étude détaillée et d'un levé topographique à 1 : 2500e sur le conseil de M. Emile Chaix.

Un glacier local a dû occuper presque toute la longueur du

Val Sassa, comme le montrent deux hautes moraines latérales qui limitaient son lit. Mais à l'endroit où l'on devrait trouver la moraine frontale, le lit du glacier se prolonge en une sorte de terrassement qui domine les éboulis avoisinants, et qui constitue la partie la plus typique de la coulée de blocs.

Les bords en sont tout à fait francs, limités par une pente d'environ 40°, qui a 3 m de hauteur sur les bords et 20 m sur le front. La partie frontale ressemble à celle d'une coulée de lave et présente des traces d'écroulement continu assez nettes ; la masse humide de l'intérieur mise à nu en cet endroit lui donne une teinte plus foncée que celle des éboulis environnants; par places elle porte des traces de glissements, limitées en haut par une petite rupture en arc de cercle ; les pierres les plus volumineuses (50 cm) sont accumulées au bas de sa pente, comme dans un éboulis. Enfin, s'il n'y avait aucun mouvement de progression, la pente frontale aurait été ruinée et adoucie par la pluie ; elle est au contraire absolument franche ; en haut elle fait avec la surface supérieure de la coulée un angle très net où l'on voit de gros blocs, prêts à s'écrouler ; en bas elle repose sur les éboulis avec un angle également net, qui montre la tendance qu'elle a d'empiéter sur ceux-ci.

La surface présente des détails de relief curieux, identiques à ceux que mentionnent Whitman Cross et Howe sur les « Rock glaciers » des Etats-Unis. Parallèlement au bord courent de chaque côté 3 ou 4 bourrelets, hauts de 50 cm à 1 m, séparés par des sillons bien marqués. Sur la partie médiane sont placés des bourrelets transversaux, arqués vers l'aval, plus volumineux que les précédents. Dans la partie supérieure de la coulée de blocs des bourrelets du même genre sont assez élevés pour simuler de petites moraines frontales ; à d'autres endroits la coulée est couverte de tertres arrondis, de 3 m de haut, ou parcourue par des sillons longitudinaux assez étendus et profonds de 2 ou 3 mètres.

Les matériaux dont cette coulée est composée sont des pierres anguleuses, semblables à de l'éboulis, associées par places à de la terre. En creusant sa surface jusqu'à une profondeur de 1 m 20, à quelque distance en arrière du front, nous avons constaté à partir d'en haut une couche de pierres anguleuses de 10 à 20 cm

d'épaisseur, puis une mince zone de petits cailloux jaunâtres, enfin une masse de terre gris-noir, humide, mêlée d'un grand nombre de pierres anguleuses de tous calibres, que l'on voit d'ailleurs affleurer sur toute la pente frontale. Les cailloux striés sont assez fréquents sur le front, moins nombreux sur les flancs jusqu'à 200 m vers l'amont, et manquent complètement ailleurs.

La coulée de blocs du Val Sassa a environ 700 m de longueur et 75 m de largeur vers son extrémité. Celle du Val dell' Acqua est plus volumineuse et, à part cela, présente les mêmes caractères. Celle de la Valletta, qui est marquée sur la carte géologique comme moraine frontale, est moins typique : front portant peu de traces de renouvellement, surface parcourue presque uniquement par des bourrelets longitudinaux.

Pour la formation de ces coulées de blocs, on peut admettre provisoirement l'hypothèse suivante. Au dernier stade de l'époque glaciaire, ou peut-être même en 1830, un glacier local aurait occupé l'espace délimité par les deux moraines latérales et aurait eu sa moraine frontale à une centaine de mètres en amont du front actuel de la coulée. En disparaissant, ce glacier aurait laissé son lit couvert d'une épaisse couche de moraine superficielle. Dès lors toute cette masse se serait mise à ramper lentement vers l'aval et serait ainsi sortie du cadre des moraines [1].

Les bourrelets transversaux proviendraient d'un plissement provoqué par la poussée des parties d'amont vers l'aval ; les sillons parallèles aux bords marqueraient peut-être des plans de décollement, dus à des différences de vitesse, que l'eau de pluie aurait rendus visibles en y lessivant les matériaux les plus fins. Le mouvement de l'ensemble serait dû en premier lieu à la viscosité de toute la boue que contient la coulée, et peut-être aussi à l'action des pluies, qui emmèneraient les matériaux fins en profondeur, combinées avec des alternatives de gel et dégel. D'après ce que l'on peut voir sur place, la coulée de blocs n'est alimentée actuellement ni par les éboulis, ni par les avalanches de neige, et elle provient uniquement des matériaux contenus dans le lit d'un ancien glacier. Un lent mou-

[1] Des points de repère ont été placés pour vérifier l'existence de ce mouvement.

vement vers l'aval, qui se continuerait encore, leur aurait donné la forme spéciale de coulée.

E. Joukowsky. — *Une carte topographique peu connue : Le canton de Genève à 1:12 500, équidistance 4 m.*

Le Département des Travaux Publics du canton de Genève possède une carte inédite du canton, dressée d'après les levés exécutés en 1837-38 sous la direction du général Dufour. Cette carte, dont chaque feuille porte la signature de l'auteur (alors ingénieur cantonal), est un document de grande valeur, tant par la perfection des levés que par la qualité du dessin. Les courbes de niveau sont en trait plein de couleur brune, avec intercalaires de 2 m en pointillé sur les pentes faibles. Les routes sont en noir, les constructions en carmin ; les forêts et les vignes en teinte plate très claire, verte pour les premières, violacée pour la vigne; les eaux sont en bleu. Là où la pente est trop forte, les courbes sont remplacées par des hâchures.

On voit sur cette carte, grâce à la faible équidistance, des détails de relief qui disparaissent complètement sur la carte officielle à 1:25 000 dite « carte Siegfried », où l'équidistance est de 10 m. Pour les études relatives aux phénomènes glaciaires en particulier, la carte Dufour peut rendre de grands services, sans parler des avantages qu'elle présente, pour des avant-projets de routes, de canalisations ou de drainages, par la facilité qu'on a d'estimer les pentes avec une approximation suffisante. Imprimée conformément aux conceptions modernes de la cartographie, elle constituerait, actuellement encore, malgré la date ancienne des levés qui lui ont servi de base, un modèle à suivre pour le figuré des terrains à relief peu prononcé. Par un choix judicieux des couleurs, on en pourrait tirer une carte physique d'une grande valeur pour l'enseignement.

L'utilité pratique de la publication de cette carte est prouvée par le seul fait qu'un usage quotidien (pour en prendre des calques) a amené certaines feuilles à un état d'usure qui n'est pas sans préoccuper les géographes et toutes les personnes intéressées à sa conservation. Il importe d'étudier sans retard les moyens de publier ce précieux document, et de le faire avec le soin que mérite un tel chef-d'œuvre.

Séance du 20 février 1919.

Alex. Müller. — *Recherches sur les spectres des rayons X.*

Les recherches sur les spectres des rayons X ont, comme on sait, déjà donné des résultats intéressants au point de vue de la théorie atomique. Cependant les questions rentrant dans ce domaine sont encore loin d'être épuisées. Ce sont surtout la répartition d'énergie et le rapport entre les rayons indépendants et le spectre caractéristique qui sont peu étudiés. Je cite deux travaux récents de Lilienfeld[1] et Ulrey[2].

Lilienfeld a comparé les spectres continus obtenus avec deux anticathodes différentes. Il a trouvé que dans certaines conditions, ces spectres ne diffèrent pas sensiblement en ce qui concerne leurs intensités. Par contre, Ulrey constate une influence très prononcée de la matière de l'anticathode, sur le rayonnement émis par cette dernière. Dans le présent travail, j'ai étudié le rapport existant entre la différence de potentiel aux bornes du tube à rayons X, et l'apparence du spectre tel qu'on l'obtient sur la plaque photographique en analysant les rayons X par le cristal tournant. En même temps l'expérience s'est prêtée à vérifier approximativement la relation bien connue: $h \, . \, c/\lambda = e \, . \mathrm{V}$, qui est une conséquence de la théorie d'Einstein. Cette vérification a été faite en mesurant la longueur d'onde minimum dans le spectre continu, le potentiel aux bornes du tube étant connu.

Le dispositif était essentiellement le même que dans un travail précédent[3]. Voici les résultats: Sept plaques ont été obtenues pour une série de potentiels différents, l'anticathode étant en platine, et deux autres avec une anticathode en cuivre et en plomb. Pour les basses tensions les raies caractéristiques du platine ne sont presque pas visibles, c'est-à-dire le noircissement provenant du spectre continu est à peu près aussi fort que celui des raies. La limite du spectre continu se trouve sur les deux

[1] Lilienfeld, J.-E. Phys. Zeitschr., 1918, vol. 19, p. 514.
[2] Ulrey, Clayton-T. Phys. Review., 1918, vol. 9, p. 401.
[3] Müller, Alex. Arch. Sc. phys. et nat., 1918, (4) vol. 46, p. 63.

premières plaques entre les raies extrêmes du spectre « L », ce qui prouve que ces raies peuvent être excitées séparément. Ce résultat est en concordance avec le fait qu'il y a plus d'une bande d'absorption dans le spectre « L » (voir par exemple M. Wagner)[1]. En montant graduellement à des tensions plus élevées, le rapport d'intensité des différentes raies commence par varier. Du moment où le potentiel a dépassé la valeur nécessaire pour exciter la longueur d'onde la plus courte dans le spectre « L », l'intensité relative du noircissement des raies ne varie plus d'une manière appréciable. Les deux plaques sur lesquelles est enregistré le rayonnement provenant de l'anticathode en cuivre et en plomb ont été obtenues de manière à pouvoir comparer leurs noircissements. Ces deux noircissements étant à peu près les mêmes sur les deux plaques, il semble que la matière de l'anticathode ne joue pas un rôle appréciable pour la répartition et l'intensité de l'énergie. Ce résultat s'accorde avec celui obtenu par Lilienfeld. La question de la répartition d'énergie étant très complexe, il faudra encore des recherches spéciales et en tenant compte de toutes les conditions expérimentales dans lesquelles ces spectres sont obtenus.

Les résultats numériques de ce travail sont donnés dans le tableau ci-après :

N°	Anticathode	V	λ	$h \cdot 10^{27}$
1	Pt	11,5	1,073	6,54
2	»	12,8	0,968	6,59
3	»	14,0	0,870	6,48
4	»	18,1	0,698	6,72
5	»	25,6	0,486	6,61
6	»	31,4	0,385	6,43
7	»	36,3	0,349	6,72
8	Cu	31,4	0,402	6,70
9	Pb	31,4	0,395	6,57
»	Pb	36,3	0,346	6,67

V = tension en kilo-volts.
λ = longueur d'onde de la tête de bande en unités Angström.
h = constante de Plank.

Une discussion plus détaillée sera donnée dans un travail qui

[1] Wagner, E., Phys. Zeitschr., 1917, vol. 18, p. 432.

paraîtra prochainement dans les Archives des Sciences physiques et naturelles.

J. Briquet. — *Les pseudo-glandes et les trichomes involucraux des Chardons.*

Au cours d'une étude détaillée sur les *Carduus* des Alpes maritimes, en vue de la *Flore des Alpes maritimes* de M. Emile Burnat, notre attention a été attirée sur les trichomes involucraux dans ce genre par un passage de Godron. Cet auteur[1] a en effet attribué aux Chardons microcéphales à calathides caduques des bractées involucrales « munies sur le dos de très petites glandes dorées », tandis que toutes les autres espèces de la flore française seraient caractérisées par l'absence de glandes. Ces données ont été reproduites par divers auteurs, mais évidemment sans que ceux-ci aient examiné eux-mêmes les « glandes » en question, sur lesquelles la bibliographie ne fournit aucun renseignement. Nous avons donc repris l'étude des bractées involucrales des Chardons au point de vue de l'indument et résumons dans cette note les résultats de ce travail. — Les espèces étudiées sont les : *Carduus pycnocephalus* L., *tenuiflorus* Curt., *acicularis* Bert., *sardous* DC., *cephalanthus* Viv., *fasciculiflorus* Viv., *Personata* Jacq., *litigiosus* Nocca et Balb., *defloratus* L., *nigrescens* Willd., *Burnatii* Briq. et Cav., et *nutans* L. — Les formes de trichomes caractéristiques pour tous ces Chardons peuvent être réparties en 4 groupes différents qui sont: les sétules normales; les sétules scléro-vésiculeuses; les poils aranéeux ; les trichomes claviformes. — Caractérisons de plus près ces diverses formes de trichomes.

1. *Sétules normales.* — Chez tous les Chardons, sans exception, les marges des bractées sont caractérisées par des sétules unicellulaires, très aiguës, à parois plus épaisses que celles des éléments épidermiques qui les séparent. Ces sétules sont fortement inclinées en avant, sauf dans la région basilaire de la bractée où on les voit parfois se recourber en arrière. L'épaisseur des parois varie selon les espèces. Ainsi, dans le *C. pycnocephalus*

[1] Godron, dans Grenier et Godron, *Flore de France*, II, p. 226 et 228 (1850).

(type), l'épaisseur est considérable et le lumen devient triangulaire; elle est moindre chez les *C. Personata* et *defloratus*. La cloison interne, encastrée, de la sétule est généralement un peu moins épaisse que la cloison externe; elle présente le plus souvent des ponctuations de section circulaire, ou allongées en fente. A l'état adulte, les sétules sont des éléments morts, à lumen vide. Quand les parois sont peu épaisses, dans les sétules situées à la base des bractées, il devient parfois difficile de distinguer les sétules des incisions de la marge, au moins lorsque la denticulation ne porte que sur un petit nombre de cellules. Chez le *C. fasciculiflorus*, par exemple, on peut relever tous les passages entre la sétule simple, les sétules géminées pourvues d'un socle commun, et les lacérules pluricellulaires inclinées en avant. Dans plusieurs espèces (par ex. *C. Personata*, *C. litigiosus)*, les sétules deviennent plusieurs fois plus longues que leur diamètre basal et envahissent la face dorsale à l'extrémité des bractées internes. A part ce dernier cas, il est assez rare de rencontrer des sétules, du type ci-dessus décrit, ailleurs que le long des marges. Chez le *C. acicularis*, on en trouve quelques unes, plus dressées, sur la face externe de la nervure médiane. De même, chez le *C. fasciculiflorus,* on rencontre des sétules allongées, dressées, non seulement sur la nervure dorsale, mais même sur le reste du limbe, à l'exclusion bien entendu de la région purement spinale de la bractée.

2. *Sétules scléro-vésiculeuses.* — Lorsqu'on examine par transparence les bractées involucrales des *C. pycnocephalus, tenuiflorus* et *sardous* avec une forte loupe, on constate que l'épiderme extérieur porte de petits corps de pourtour circulaire ou elliptique, nombreux, de couleur jaunâtre. Ce sont ces corps que Godron a pris pour des glandes. Mais si on les isole, au moyen de coupes transversales et tangentielles de la bractée, on constate qu'il ne s'agit à aucun degré de glandes, mais de *poils unicellulaires vésiculeux*, ou plus exactement *renflés en forme de cornue*, à parois plus ou moins fortement sclérifiées. Ces éléments sont encastrés entre les cellules épidermiques, mais bien plus volumineux que ces dernières, faisant fortement saillie à l'extérieur, presque sphériques, à diamètre longitudinal à peine plus long que les diamètres transversaux, pourvus d'une très courte

pointe aiguë, dirigée vers le sommet de la bractée et dans une situation antérieure oblique. La sclérification des parois est parfois énorme (*C. pycnocephalus* type, *tenuiflorus, acicularis, nigrescens, Burnatii, nutans*), tout en restant souvent un peu moindre à la face interne encastrée du trichome. Les contours du lumen reproduisent la forme extérieure de la sétule, soit une sphère tendant parfois à devenir subquadratique. Dans les formes très scléreuses, on a souvent de la peine à retrouver le petit cul de sac aigu qui correspond à la pointe minuscule de la sétule. Les parois sclérifiées ne sont d'ailleurs nullement lignifiées, mais fortement cutinisées dans leur région externe. A l'état adulte, le lumen est aérifère. — Les sétules scléro-vésiculeuses ne sont pas spéciales aux Chardons microcéphales à calathides caduques comme le croyait Godron: *nous les avons retrouvées dans toutes les espèces étudiées.* L'indication restrictive de Godron n'est due qu'à une méthode de préparation et à de moyens optiques insuffisants. Le procédé d'examen par simple transparence est d'ailleurs facilement fallacieux, même avec des forts grossissements, lorsqu'on a affaire à des bractées dont la couche dorsale de stéréides hypodermiques est très épaisse, donc opaque, ce qui est un cas fréquent chez les Chardons [1]. — Le cas du *C. fasciculiflorus* doit cependant être traité à part. Dans cette espèce, les sétules vésiculeuses sont à peine distinctes des cellules épidermiques voisines, à parois très faiblement sclérifiées. Ce sont de simples papilles qui ne se reconnaissent plus guère qu'à une légère saillie extérieure et à la présence d'une petite pointe rejetée du côté antérieur et dirigée obliquement en avant.

3. *Poils aranéeux.* — Ces poils sont plus ou moins abondants sur les marges et le dos de la région proximale des bractées, surtout inférieures et moyennes; ils sont plus rares sur les bractées internes; ils manquent chez le *C. fasciculiflorus.* Ils comportent une région basale unisériée, à cellules restant assez

[1] Voyez sur l'anatomie de ces bractées: DANIEL, *Structure comparée de la feuille et des folioles de l'involucre dans les Cynarocéphales et généralités sur les Composées.* (Bull. soc. bot. de France, 1889, vol. 36, p. 133-143). — L'auteur, préoccupé surtout de la distribution du stéréome et du chlorenchyme, a laissé entièrement de côté l'examen des trichomes.

longtemps vivantes, aussi hautes ou moins hautes que larges, à parois minces. A cette série basilaire succède brusquement une cellule très étroite, à parois très minces et hyalines, couverte d'une très fine cuticule, démesurément allongée en fil d'araignée et plus ou moins entortillée. Cette cellule devient promptement aérifère.

4. *Trichomes claviformes.* — Ces trichomes se trouvent dans la région basale des bractées chez toutes les espèces, sauf chez le *C. fasciculiflorus,* à la face dorsale ou au moins dans la partie inférieure des marges ; c'est chez le *C. Personata* qu'ils sont le plus abondants. Cylindriques dans leur région proximale, ces trichomes se renflent graduellement dans leur région distale et se terminent en massue arrondie. Ils sont formés de cellules moins hautes ou aussi hautes que larges, exceptionnellement plus allongées, à parois hyalines, minces, recouvertes d'une fine cuticule, et de dimensions peu variables. Ces éléments persistent longtemps vivants, ont un suc cellulaire abondant et renferment parfois des chloroplastes. Dans certaines espèces, les trichomes claviformes restent souvent unisériés, à cellules apicales plus volumineuses *(C. pycnocephalus, tenuiflorus, acicularis, cephalanthus,* etc.). Ailleurs, leurs éléments apicaux peuvent subir un cloisonnement longitudinal *(C. Personata, C. litigiosus)* ou enfin ils sont bisériés dès la base (*C. nigrescens, C. Burnatii, C. nutans).* Sans être trop affirmatif, nous ne pensons pas que ces trichomes claviformes soient des organes sécréteurs, car nous n'avons pas constaté de soulèvement de la cuticule dans la région apicale.

Sous réserve des résultats que pourra donner l'étude ultérieure des trichomes claviformes, on peut dès maintenant interpréter tous ces trichomes, au point de vue fonctionnel, comme des agents réducteurs de pertes exagérées d'eau par transpiration. Et cela principalement pendant la jeunesse des calathides. à un moment où la cuirasse de stéréome hypodermique des bractées est encore en voie de formation. En effet, les sétules scléro-vésiculeuses dorsales ont une origine très précoce ; elles existent déjà, serrées les unes contre les autres, alors que les tissus internes sont encore en voie de division. Les sétules marginales sont alors rapprochées entre bractées voisines, serrées sur la marge d'une même bractée et appliquées. Enfin les poils

aranéeux, distendus plus tard par l'écartement des bractées, enveloppent à ce moment tout l'involucre. Il y a ainsi emprisonnement d'une couche « d'air tranquille », qui contribue à ralentir la transpiration. Il est clair que ce dispositif est en harmonie avec la préférence manifestée par la plupart des *Carduus* pour les stations arides, chaudes et ensoleillées.

Séance du 6 mars 1919.

A. Schidlof et St. Maliniak. — *Transformations subies par des gouttes d'huile maintenues en suspension dans différents gaz.*

Pour étudier l'influence du gaz ambiant sur la densité des gouttes d'huile d'un rayon de 3 à 8×10^{-5} cm, nous nous sommes servis du dispositif connu de Millikan. La valeur « apparente » de la charge e d'une petite particule sphérique peut être calculée au moyen de la formule

$$e = \frac{9\sqrt{2}\pi\eta^{3/2}(v_1 + v_2)\sqrt{v_1}}{F\sqrt{\sigma g}\left(1 + \frac{Al}{a}\right)^{3/2}} . \qquad (1)$$

η signifie le coefficient de viscosité du gaz, v_1 la vitesse de chute de la goutte, v_2 sa vitesse d'ascension dans un champ électrostatique d'intensité F, σ la densité de la goutte (env. 0,91 dans le cas de l'huile d'olive). $g = 981$ cm/sec², A une constante présentant la même valeur pour tous les gaz (A $= 0,875$), l le libre parcours moyen des molécules du gaz et a le rayon de la particule sphérique, calculé au moyen de l'équation du second degré :

$$a^2 + Ala - \frac{9}{2}\frac{\eta v_1}{\sigma g} = 0 . \qquad (2)$$

Si la densité σ de la goutte varie au cours de l'expérience, la charge e subit des variations apparentes, faciles à distinguer des modifications réelles, parce que les changements réels sont toujours *discontinus,* tandis que les modifications de la densité ont lieu, en général, d'une façon lente et continue. Il a été constaté, en outre, que la petite variation de la densité du liquide

qui a lieu sous l'influence du gaz ambiant n'agit pas sensiblement sur la vitesse de chute de la goutte v_1, mais exerce une influence plus ou moins considérable sur la vitesse d'ascension v_2 [1].

Dans le présent travail nous avons cherché à obtenir quelques nouveaux éclaircissements sur les lois de ce phénomène curieux en prolongeant la durée des observations et en mettant les gouttes en présence de différents gaz (air, anhydride carbonique, hydrogène). Voici les constatations que nous avons pu faire :

Dans l'air, la valeur « apparente » de la charge *e diminue* presque toujours d'une façon continue, abstraction faite des modifications brusques de la charge, soit spontanées, soit provoquées par les rayons X. Citons comme exemple une expérience où la charge élémentaire, observée à des intervalles à peu près égaux, présente successivement les valeurs apparentes :

$$e \times 10^{10} = 4{,}77 \ ; \ 4{,}70 \ ; \ 4{,}66 \ ; \ 4{,}66 \ ; \ 4{,}50$$

(unités électrostat.)

Le nombre des charges élémentaires portées par la goutte était invariablement égal à 6 pendant toute la durée de l'expérience (1 heure).

La diminution progressive de la charge ne présente pas toujours la même importance, l'effet étant assez capricieux. Dans l'expérience citée la diminution est en moyenne de 0,094 % par minute, mais ordinairement on observe une diminution de 0,02 à 0,03 % par minute.

Dans quelques expériences (4 expériences sur un nombre total de 16) la diminution progressive est très faible ou même nulle. Dans des cas isolés nous avons observé une légère augmentation de *e*.

Dans l'anhydride carbonique le phénomène présente le même caractère que dans l'air, mais la diminution progressive de *e* est, en général, un peu plus importante. Nous avons trouvé en moyenne une diminutien de 0,05 % par minute, contre 0,04 % de diminution moyenne observée dans l'air. Par contre nous

[1] SCHIDLOF, A. Arch. Sc. phys. et nat., 1918, vol. 45, p. 157.

avons constaté, dans CO_2, aussi des *augmentations apparentes* de la charge plus importantes que dans l'air. Sur 21 gouttes observées, 15 ont montré des diminutions de la charge, pour une goutte la charge était invariable, enfin pour 5 gouttes la valeur de *e* a augmenté au cours de l'expérience.

L'augmentation progressive de *e* se produit surtout pour des gouttes qui ont une charge *négative,* et elle est presque toujours en relation avec une variation *brusque* de la masse, accompagnant une variation réelle de la charge de la goutte. On peut alors l'attribuer au fait que la masse des « ions », absorbés par la goutte au moment d'un changement de charge, n'est pas toujours négligeable vis-à-vis de la masse de la goutte. Dans certains cas la masse de ces « ions » est tellement grande qu'on observe une modification sensible de la vitesse de chute. Cet effet est de toute autre nature que la décroissance continue de *e*.

Enfin dans l'hydrogène nous avons observé des effets plus complexes et en partie assez difficiles à expliquer. Dans la plupart des cas la charge des gouttes diminue progressivement, de même que dans les autres gaz, avec une rapidité variant de 0,01 à 0,09 $^0/_0$ par minute. Dans quelques expériences (4 expériences sur 14), on a observé une *augmentation* de la charge qui, contrairement à ce qui se passe dans CO_2 ou dans l'air, n'est pas attribuable à une variation discontinue de la masse. Un effet de ce genre a déjà été constaté par l'un de nous en collaboration avec M. A. Targonski[1] et a été attribué alors à une espèce de distillation des vapeurs de mercure sur les gouttes d'huile, mais dans les conditions présentes l'influence du mercure semble exclue.

Etant donnée l'irrégularité des effets observés dans l'hydrogène, le nombre actuel des expériences est insuffisant pour qu'on puisse en tenter l'interprétation complète. Mais tout en nous réservant de revenir sur cette question de détail, nous pouvons présenter la conclusion certaine que l'influence du gaz ambiant sur la densité des gouttes est manifeste dans tous les cas, avec des particularités qui semblent dépendre de la nature du gaz présent.

[1] TARGONSKI, A. Arch. Sc. phys. et nat., 1917, vol. 43, p. 295 et 389. SCHIDLOF, A. *L. c.*

L'existence des gouttes invariables semble indiquer que la transformation en question, du moins celle qui produit la diminution de e, tend vers l'établissement d'un état d'équilibre.

Séance du 20 mars 1919.

E. Briner et Ph. Naville. — *Sur la fixation de l'azote sous forme d'oxyde par l'arc électrique agissant en dépression.*

Dans des recherches précédentes[1] il a été établi que les rendements de fixation de l'azote sous forme d'ammoniaque par l'arc électrique étaient notablement améliorés par la réunion des trois conditions de travail suivantes : mise en dépression du mélange gazeux, emploi d'un matériel d'électrodes choisi et présence d'un grand excès d'azote. La présence de l'excès d'azote est spécialement à retenir puisque, selon les prévisions théoriques, c'est le mélange répondant à la composition $N_2 + 3H_2$ qui aurait dû conduire aux meilleurs rendements.

Il y avait lieu d'examiner si ces particularités se reproduisent dans la fixation de l'azote sous forme d'oxyde. Dans ce cas, la théorie laisse prévoir que les meilleurs rendements seront réalisés dans les mélanges renfermant 50 % d'oxygène et d'azote, et, de fait, de nombreuses expériences ont confirmé ces prévisions. Mais, ainsi que les auteurs ont pu s'en rendre compte, ce résultat est atteint toutes les fois que l'espace où jaillit l'arc est principalement le siège de la réaction (arcs de grande longueur ou de grande surface). En revanche, lorsque les électrodes ou les zones voisines des électrodes sont appelées à jouer un rôle dans le phénomène (c'est le cas si l'on opère avec des arcs courts ou avec des électrodes parallèles), les particularités observées dans la formation de l'ammoniaque se manifestent aussi, bien qu'à un degré moins marqué. C'est ainsi qu'à des pressions réduites de l'ordre de 100 mm Hg et avec des électrodes de platine, les mélanges surazotés ont fourni les meilleurs résultats.

Pour expliquer cette apparente anomalie, il convient d'envi-

[1] Briner, et Baerfuss, Helv. chim. Acta, 1919, vol. 2, p. 95.

sager le phénomène par son côté cinétique, soit la formation de NH_3 ou NO à partir des éléments préalablement activés, cette activation étant réalisée par les décharges électriques. Dans cette idée, les meilleures conditions se rencontreront lorsque les éléments activés seront en présence dans les proportions dans lesquelles ils réagissent, et, comme les divers éléments ne s'activent pas au même degré dans les mêmes circonstances, on conçoit qu'il ne soit pas nécessaire de partir de mélanges répondant aux proportions théoriques moléculaires. Au contraire, il faudra prévoir la nécessité d'un excès de l'élément qui s'active le plus difficilement. Quant à la nature de ces éléments activés, il existe de fortes raisons de croire que ces éléments activés sont précisément les atomes eux-mêmes mis en liberté par les décharges électriques. On interpréterait ainsi facilement la plupart des particularités observées et notamment l'influence favorable exercée par l'excès d'azote; la molécule d'azote se dissociant beaucoup moins facilement en atomes que les molécules des autres éléments.

M. B.-P.-G. Hochreutiner. — *La parenté des Guttifères et des Hypericinées.*

Bentham et Hooker font de ces deux groupes deux familles qu'Engler a réunies sous le nom général de Guttifères. Dans ce dernier système, si nous faisons abstraction des Kielmeyeroideae, — formant un groupe assez distinct pour que les deux premiers auteurs cités l'aient rattaché aux Ternstrœmiacées — nous notons qu'entre les Hypéricinées et les Guttifères proprement dites, il y a plusieurs caractères distinctifs. Dans les diagnoses, on s'est contenté jusqu'ici d'opposer les fleurs unisexuées ou polygames des Guttifères aux fleurs hermaphrodites des Hypericinées. C'est déjà trop vague, mais, en outre, tous ceux qui sont familiarisés avec la flore des tropiques savent quelles variations infinies peuvent être observées dans la répartition des sexes chez les fleurs d'un seul et même arbre. On peut donc hardiment affirmer qu'une distinction basée là-dessus est impraticable.

En revanche il est assez commode, pour distinguer en pratique les Hypericinées des Guttifères, de considérer les enveloppes

florales. Chez les Guttifères, ces enveloppes sont formées de plusieurs verticilles de 2-4 pièces, ou bien il règne là une grande variabilité et le nombre de ces pièces est indéterminé et assez grand. La même disposition s'observe aussi parfois pour les groupes d'étamines et pour les carpelles. Chez quelques *Garcinia* seulement, chez les *Moronoboideæ* — qui comprennent un très petit nombre de genres rares et submonotypes — et chez quelques autres cas exceptionnels, on observe cinq pièces dans les verticilles floraux.

Chez les Hypéricinées au contraire, à part les *Ascyrum* — genre oligotype à fleur de type 4 — nous rencontrons partout des verticilles fixes de 5 pièces dans les fleurs et la constance du nombre de ces pièces florales est à opposer aux fluctuations innombrables qui sont la règle chez les Guttifères proprement dites.

C'est pourquoi nous avons pensé qu'il était intéressant de signaler l'existence d'une nouvelle *Hypericoidée,* que nous avons dédiée au collecteur, M. Auguste Chevalier, l'explorateur de l'Afrique centrale. Le *Psorospermum Chevalieri* Hochr. présente en effet cette particularité, unique dans la sous-famille, d'avoir des fleurs dont tous les verticilles sont tantôt penta-, tantôt hexamères. Cette variation se rencontre sur le même échantillon et dans des fleurs voisines les unes des autres et elle n'a rien de tératologique; il semble que ce soit la règle chez cette espèce et l'on peut y distinguer une indication de l'affinité foncière existant entre les Hypericoïdées et les Calophylloïdées-Clusioïdées. Ce serait donc là un argument à l'appui du système de Engler qui réunit ces deux groupes en une seule famille.

J. Briquet. — *Quelques points de la morphologie et de la biologie foliaires des Columelliacées.*

En décrivant une espèce nouvelle de la curieuse petite famille monotype des Columelliacées, notre attention a été attirée sur quelques caractères morphologiques et biologiques intéressants des feuilles opposées propres à ce groupe, se rapportant : 1° à la dissymétrie foliaire ; 2° à la présence de brides membraneuses interpétiolaires.

1. *Dissymétrie foliaire.* — La dissymétrie du limbe foliaire

des *Columellia* est peu visible chez le *C. obovata* Ruiz et Pav., à cause de la petitesse des feuilles dans cette espèce. En revanche, elle est très évidente chez les quatre autres types connus du genre *Columellia*, et il est singulier qu'elle ait échappé à nos prédécesseurs. — Dans les feuilles (bien développées) oblongues et entières du *C. Mathewsii* Briq., le côté favorisé du limbe est assez largement décurrent sur le pétiole, il est limité extérieurement par une marge fortement convexe, à nervures latérales écartées, à diamètre maximal situé au-dessus du milieu de l'axe de la feuille, et oscillant entre 10 et 14 mm ; le côté défavorisé est plus étroitement décurrent sur le pétiole, limité par une marge longuement et faiblement convexe, à nervures moins écartées de la médiane, à diamètre maximal situé au milieu ou au-dessous du milieu de l'axe de la feuille, oscillant entre 5 et 7 mm. — La dissymétrie s'exprime d'une façon analogue chez le *C. sericea* H. B. K. : le côté favorisé atteint par exemple un diamètre de 7 mm, tandis que le diamètre maximal n'est que de 5 mm du côté défavorisé. — Dans la feuille du *C. oblonga* Ruiz et Pav., on retrouve les mêmes différences dans l'intensité de la convexité sur les côtés favorisés et défavorisés, avec un diamètre maximal de 7-8 mm d'une part, de 4-5 mm d'autre part. Mais il y a une complication due au fait que les feuilles sont pourvues de dents. Or, le côté favorisé est régulièrement denté en scie dans sa moitié ou dans son tiers supérieur, tandis que le côté défavorisé est entier ou pourvu de dents plus petites et moins nombreuses, localisées tout à fait au sommet du limbe. — Des faits semblables peuvent être constatés dans les feuilles du *C. serrata* Rusby, d'une façon encore plus évidente parce que les dents, concaves du côté extérieur, y sont plus grandes et plus nombreuses.

Envisageons maintenant la façon dont la dissymétrie est distribuée dans les 2 feuilles d'une même paire et dans les paires successives, qui sont décussées. Pour donner une image claire des faits, il faut supposer l'observateur placé dans l'axe de la tige. On le fait tourner dans le sens des aiguilles d'une montre, de façon à ce qu'il voie successivement les deux feuilles de la paire qui sert de point de départ (I), puis, en remontant, les deux feuilles de la paire suivante (II), et ainsi de suite. Si on

appelle α la première et β la seconde feuille d'un verticille, et si l'on désigne par a le demi-limbe sénéstre et par b le demi-limbe dextre de chaque feuille, la dissymétrie sera exprimée par la série d'inégalités :

I	$\alpha : a > b$	$\beta : a > b$
II	$\alpha : a < b$	$\beta : a < b$
III	$\alpha : a > b$	$\beta : a > b$
IV	$\alpha : a < b$	$\beta : a < b$

et ainsi de suite.

Nous avons donc affaire à des couples de feuilles constamment *antitropiques,* selon la terminologie de WYDLER[1], dans lesquels la dissymétrie foliaire est répartie de telle sorte que chaque troisième paire corresponde en se superposant à la première. Les cas connus de ce genre ne sont pas encore très nombreux : WYDLER[2] a cité comme exemples les *Centradenia rosea, Goldfussia glomerata, Columnea, Achimenes, Herniaria* et *Pilea.* — Le morphologiste précité a affirmé que l'antitropie détermine la production d'une symétrie générale par rapport à l'axe caulinaire. Celle-ci n'existe cependant que sur la projection horizontale de deux couples successifs[3]. Au surplus, cette propriété, purement géométrique, ne nous renseigne en rien sur les causes de la dissymétrie limbaire, ni sur celles de l'antitropisme des couples. Quant à la signification biologique de ces phénomènes, elle reste — si elle existe — entièrement obscure. On pourrait croire — au vu d'une projection horizontale — que le dispositif homotropique est supérieur au dispositif antitropique parce qu'il assure une meilleure utilisation de l'espace. Mais comme les couples de feuilles pétiolées sont séparés par des entrenœuds atteignant jusqu'à 2, 5 cm *(C. Mathewsii)*, les inconvénients ou les avantages relatifs des deux dispositifs deviennent tout à fait négligeables.

2. *Brides membraneuses interpétiolaires.* — On lit dans la

[1] WYDLER. *Ueber asymmetrische Blätter und ihre Beziehung zur Symmetrie der Pflanze.* [Flora, 1857, vol. 40, p. 209-218].

[2] WYDLER, op. cit., p. 217.

[3] La figure obtenue par la projection horizontale de deux couples successifs comporte deux plans de symétrie par rapport à l'axe du rameau, perpendiculaires l'un à l'autre, et coïncidant avec la bissectrice des angles de divergence des deux couples successifs de feuilles.

caractéristique des Columelliacées donnée par BENTHAM et HOOKER[1] : « Folia opposita, petiolis basi subconnexis ». De même, M. FRITSCH écrit[2] : « Die kurzen Blattstiele sind am Grunde scheidig vereinigt ». Il est singulier que cette particularité ait échappé à VAN TIEGHEM, qui n'y fait aucune allusion dans le mémoire qu'il a consacré aux Columelliacées[3]. Elle nous paraît cependant avoir un certain intérêt.

Les rameaux foliifères des *Columellia* ont des entrenœuds quadrangulaires, à angles arrondis. Aux nœuds, le rameau s'aplatit et porte deux feuilles opposées situées dans un plan perpendiculaire aux faces comprimées. Le limbe foliaire est décurrent sur le pétiole, les décurrences se rétrécissant graduellement jusqu'à presque disparition. Subitement, vers la base, le pétiole s'élargit de nouveau et embrasse largement la tige sur les flancs comprimés du nœud. A l'état adulte, on constate qu'en cet endroit les deux pétioles sont reliés par une étroite bande transversale densément pubescente. Pour avoir la certitude qu'il y a là, non pas une simple saillie transversale velue de la tige, mais bien une *bride,* il faut faire des coupes en série[4]. Or, sur les séries des coupes longitudinales, on constate l'existence d'une membrane, séparée de l'épiderme caulinaire par une fente dont la profondeur va en décroissant à mesure que l'on se rapproche du milieu de la distance séparant les deux pétioles, mais qui existe d'une façon continue. D'autre part, les coupes transversales, menées de façon à débiter en série la région du nœud du haut en bas, sont tout aussi instructives. On voit d'abord les cornes des deux pétioles s'allonger, cornes qui, à l'intérieur de l'épiderme, sont entièrement occupées par du collenchyme, à l'exclusion de tout faisceau. Lorsqu'on a atteint le niveau de la bande pubescente transversale, les cornes des deux pétioles opposés se rencontrent, et l'on a un anneau complet et libre, longuement elliptique, entourant la tige. Cette disposition n'est

[1] BENTHAM et HOOKER. *Genera plantarum,* II, p. 989 (1876).

[2] FRITSCH in ENGLER et PRANTL. *Die natürlichen Pflanzenfamilien,* IV, 3 b, p. 186 (1894).

[3] VAN TIEGHEM. *Sur les Columelliacées.* Ann. Sc. nat., 1903, (8), vol. 18, p. 155-164.

[4] Nous avons fait ces coupes en série sur un jeune rameau du *C. oblonga* Ruiz et Pav.

constatable que sur une distance très courte, après quoi l'anneau disparaît pour faire place à l'écorce de l'entrenœud sous-jacent au nœud étudié. Il y a donc bien, aux nœuds caulinaires des Columelliacées, *deux brides membraneuses transversales reliant entre eux les deux pétioles opposés.* Quant à la ligne pubescente que l'on constate à l'œil nu ou à la loupe, elle est due au fait que, dans la gouttière du pétiole, l'épiderme (à parois externes énormément épaissies) porte des poils raides, unicellulaires, aigus, à nombreuses perles cuticulaires allongées, lesquels poils deviennent très abondants à l'extrémité des cornes, et que cette distribution se continue le long de la bride sur toute sa longueur. — La chute des feuilles chez les *Columellia* est provoquée par le travail d'un méristème de désarticulation, situé dans un plan oblique au-dessus de la base du pétiole. Après la chute des feuilles, le nœud se trouve donc entouré d'une ceinture étroite formée par les brides et par les bases persistantes des pétioles.

Les matériaux se rapportant aux Columelliacées étant rarissimes dans les herbiers et faisant complètement défaut dans nos serres, nous n'avons pas pu suivre le développement des brides interpétiolaires des *Columellia.* Mais il est peu probable que cette étude fournisse des données convaincantes relativement à leur valeur morphologique. D'autre part, les *Columellia* ne présentent aucune variation dans l'organe en question qui puisse orienter l'opinion dans un sens ou dans un autre. On ne peut néanmoins s'empêcher de faire un rapprochement entre les brides nodales des Columelliacées et les stipules interpétiolaires formant bride chez les Rubiacées *(Phyllis, Pomax, Eleutranthe, Triodon, Diodia, Crusea, Spermacoce,* etc.*).* Sans doute, les brides des *Columellia* sont dépourvues de faisceaux, mais on connaît des pétales ou des sépales (Loranthacées) et même des corolles gamopétales (Composées-Filaginées) sans faisceaux libéro-ligneux, de sorte que nous ne pouvons, d'accord avec M. Goebel[1], voir dans l'absence de ceux-ci un argument péremptoire contre la nature stipulaire des brides ici étudiées. Les auteurs indiquent tous que les Columelliacées sont dépourvues de stipules. Et cela est vrai pour autant qu'il s'agit de stipules libres.

[1] Goebel. *Organographie der Pflanzen*, éd. 1, 1898, p. 556.

Mais l'exemple classique des Rubiacées montre que les stipules peuvent se présenter sous des formes qui ne laissent établir leur nature que par de nombreuses comparaisons. Si VAN TIEGHEM avait porté son attention sur les brides interpétiolaires des *Columellia,* il aurait pu y voir, en donnant à ces organes une signification stipulaire, la confirmation de sa théorie sur les affinités des Columelliacées avec les *Rubiales.*

Pour nous — qui ne partageons pas cette opinion et qui, à l'instar de P. DE CANDOLLE, BENTHAM, FRITSCH et ENGLER, sommes partisan d'un rapprochement entre les Columelliacées et les Gesnériacées — nous préférons voir jusqu'à plus ample informé, dans les brides interpétiolaires des *Columellia* l'homologue des bases foliaires concrescentes telles qu'elles se présentent, sous une forme très exagérée, chez les *Dipsacus, Silphium,* etc.

Quant à la fonction biologique des brides interpétiolaires chez les *Columellia,* elle ressort de la situation de ces organes. En effet, les entrenœuds sont subitement rétrécis à leur base où se trouve l'étroite zone de croissance intercalaire : aussi les brides forment-elles en cet endroit avec les bases des pétioles (situées *au-dessous* de la zone intercalaire de croissance pétiolaire) une *ceinture de renforcement.* Cette ceinture de renforcement ne constitue pas un anneau rigide : le collenchyme qui la remplit est un tissu vivant, susceptible de suivre l'épaississement en diamètre de la masse qu'il entoure. L'épaisse bordure de poils qui jalonne la marge des brides et les poils qui tapissent la face interne des bases pétiolaires constituent la *frange protectrice* d'une région délicate de croissance, dans laquelle les pertes d'eau par transpiration doivent être réduites au minimum. Il découle de ce qui précède que le rôle biologique de l'appareil étudié ci-dessus est essentiellement limité à la période de croissance intercalaire des entrenœuds.

SUPPLÉMENT AUX ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES
1919

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

Vol. 36, N° 2. 1919 Avril-Juillet

Séance du 17 avril 1919.

A. BRUN. — *Une roche engendrant le fer oxydulé magnétique par le chauffage.*

Des roches talqueuses un peu ferrifères ont été soumises au chauffage jusqu'à une température de 1000°. Les résultats les plus nets ont été donnés par un talc à texture lamellaire schisteuse de compression du Breiterbach, vallée de Viège. Ce talc contient de petits cristaux de dolomite. L'acide chlorhydrique dissout un peu de serpentine ferrifère et les carbonates, le talc restant insoluble. Une analyse sommaire de la matière expérimentée donne :

Talc insoluble contenant du fer dans sa molécule	69 %
Partie soluble : carbonate et un peu de serpentine	31 %

et pour les bases solubles dans les acides :

Chaux	10,9 %
Magnésie . . .	6,4 %
Protoxyde de fer	2,06 %

Le chauffage à l'air développe la formation instantanée de fer magnétique oxydulé, plus ou moins intimement mélangé de peroxyde. En vase clos il se forme de la magnétite noire. Le

fragment de roche, auparavant insensible à l'action de l'aimant, devient facilement attirable. L'aimant l'oriente tout comme un cristal de magnétite ; de plus les baguettes de la roche sont polarisées et aimantées.

L'étude de la réaction a montré que c'est à l'oxydation due à la vapeur d'eau *ayant son origine dans la déshydratation du talc à haute température*, qu'il faut rapporter ce phénomène[1].

L'auteur a déjà montré que la réaction de H_2O sur les silicates ferreux se traduisait par une oxydation avec dégagement d'hydrogène. C'est exactement cette réaction qui se passe au sein de la roche en question. Après avoir séparé par les acides les carbonates et le fer soluble, il reste un talc ferrugineux qui lui aussi devient attirable à l'aimant par la calcination [2].

Cette réaction a une certaine importance pour le volcanisme et confirme que les enclaves réchauffées par le magma agissent comme agents perturbateurs de l'émanation gazeuse. De plus, elle montre que des enclaves peuvent se modifier profondément et créer des néo-minéraux sans que pour cela il soit nécessaire de faire intervenir des éléments extérieurs provenant du magma. Les minéralisateurs, Chlore, Fluor, Alcalis, émanés du magma ne sont donc pas indispensables au métamorphisme.

Une vase à diatomées argilo-calcaire ou un calcaire schisto-argileux pourront engendrer dans leur sein des grenats ou des feldspaths sous l'influence de la chaleur seule, et donner les phénomènes de métamorphisme observés dans les enclaves.

Séance du 1er mai 1919.

F. Battelli et L. Stern. — *Actions des cytotoxines sur les différents tissus animaux.*

La spécificité des cytotoxines naturelles et des immun-cytotoxines constitue un des chapitres les plus importants de l'im-

[1] Cette réaction semble assez générale. Les argiles ordinaires calcinées paraissent bien toujours fournir un peu de Fe_3O_4 magnétique (expériences de l'auteur).

[2] Brun, Alb. *Quelques recherches sur le volcanisme.* Arch. Sc. phys. et nat., 1916 (4) vol. 41, p. 401.

munité. Parmi les cytotoxines très nombreuses nous ne considérons ici que celles qui agissent sur les cellules des tissus animaux.

La spécificité des cytotoxines naturelles doit être attribuée au fait qu'il existe, dans les cellules attaquées par une cytotoxine naturelle donnée, une ou plusieurs substances réceptrices ayant une affinité spéciale pour cette cytotoxine.

Si on considère une immun-cytotoxine, on peut remarquer que les substances réceptrices sur lesquelles se porte l'attaque de la cytotoxine constituent en même temps les antigènes spécifiques, qui injectés à un animal ont donné lieu à la formation des cytotoxines spécifiques.

Nous avons pensé qu'en comparant la spécificité des cytotoxines naturelles et des immun-cytotoxines on pourrait parvenir à avoir une idée sur les rapports existant entre les substances réceptrices vis-à-vis des cytotoxines naturelles et les antigènes contenus dans les différentes cellules.

L'action spécifique des cytotoxines sur les différentes cellules des tissus animaux peut être aussi examinée aux points de vue suivants :

1. La toxicité des cytotoxines naturelles ou des immun-cytotoxines vis-à-vis des cellules du même tissu pris chez des espèces animales différentes.

2. La toxicité d'une immun-cytotoxine vis-à-vis des différents tissus d'une espèce animale donnée.

3. La toxicité d'une cytotoxine naturelle vis-à-vis des différents tissus d'une espèce animale donnée.

La spécificité des cytotoxines vis-à-vis des cellules du même tissu appartenant à des espèces animales différentes paraît être assez stricte pour les immun-cytotoxines ; elle l'est beaucoup moins pour les cytotoxines naturelles.

Ainsi, par exemple, une immun-cytotoxine active vis-à-vis des globules rouges de lapin, n'aura point d'effet sur les globules rouges d'une autre espèce animale.

Par contre une cytotoxine naturelle peut attaquer les cellules d'un tissu donné chez plusieurs espèces animales. Ainsi le sérum de bœuf attaque les globules rouges de lapin, de cobaye, de cheval, etc.

On doit donc conclure qu'il n'existe pas, dans les cellules d'un tissu donné, un antigène commun se retrouvant chez les différentes espèces animales produisant la même immun-cytotoxine, mais qu'un tissu donné possède un antigène spécifique dans chaque espèce.

Par contre plusieurs espèces animales peuvent avoir une substance réceptrice commune, ou du moins très rapprochée, ayant de l'affinité pour une cytotoxine naturelle donnée.

La spécificité des immun-cytotoxines vis-à-vis des cellules de chaque tissu d'une espèce animale donnée n'est pas absolue au point de vue qualitatif; mais elle est assez marquée au point de vue quantitatif, pour qu'on puisse parler de cytotoxines spécifiques pour chaque tissu, et leur donner des noms appropriés. Ainsi on a des hémolysines, des hépatotoxines, des néphrotoxines, des neurotoxines, etc.

La production de ces immun-cytotoxines chez un animal n'augmente pas le pouvoir des autres cytotoxines naturelles du sérum de cet animal. Ainsi, comme l'avait constaté l'un de nous, le sérum d'un animal A immunisé contre les globules de l'animal B ne présente pas un pouvoir vasoconstricteur supérieur à la normale vis-à-vis de l'animal B.

Les cellules d'un tissu donné contiennent donc des antigènes propres qui s'y trouvent en grande quantité ou qui donnent lieu à des anticorps doués d'une toxicité spécifique élevée. Elles contiennent probablement aussi des antigènes qui sont communs à toutes les cellules de l'organisme, mais ces antigènes sont en petite quantité ou relativement peu actifs.

Les recherches sur la spécificité des cytotoxines naturelles vis-à-vis des différents tissus d'une espèce animale donnée ont été jusqu'ici peu nombreuses. L'un de nous (Battelli) avait comparé le pouvoir hémolytique des sérums sanguins de différentes espèces animales avec leur pouvoir vasoconstricteur en expérimentant sur le cobaye. Il a constaté un parallélisme assez étroit entre ces deux pouvoirs pour plusieurs sérums, mais non pour tous. Ainsi le sérum de lapin possède un pouvoir hémolytique faible et un pouvoir vasoconstricteur élevé.

Nous avons voulu étendre ces recherches à d'autres tissus. Plusieurs tissus, tels que le foie, le rein, la thyroide, l'ovaire, se

prêtent mal à des recherches quantitatives, qui peuvent par contre être faites assez facilement sur les centres nerveux et les spermatozoïdes.

Dans cette note nous rapportons les résultats obtenus en faisant agir des cytotoxines naturelles (neurotoxines) sur les centres nerveux du cobaye.

On sait que la toxicité des sérums injectés sous la peau, dans les veines, etc., n'indique pas la quantité de neurotoxines existant dans ces sérums, parce que les divers tissus absorbent une grande partie des cytotoxines injectées et que, d'autre part, les cytotoxines traversent difficilement la barrière existant entre le sang et les cellules nerveuses.

Il faut par conséquent mettre le sérum directement en contact avec les centres nerveux.

Jusqu'ici on a généralement injecté les neurotoxines dans la masse cérébrale. Nous avons préféré injecter le sérum dans le canal rachidien au niveau du 4me ventricule à travers la membrane occipito-atloïdienne, ce qui est très facile chez le cobaye. On ne peut guère injecter plus de $^1/_2$ cm^3 à la fois sans provoquer des troubles dus à la compression du bulbe.

Les sérums des différentes espèces animales présentent de très grands écarts au point de vue de leur toxicité vis-à-vis des centres nerveux du cobaye.

Parmi les sérums que nous avons examinés, la toxicité de beaucoup la plus élevée appartient à celui du bœuf qui produit la mort du cobaye adulte dans l'espace de 30 minutes environ à la dose de 0,03 cm^3. Viennent ensuite, au point de vue de leur toxicité, le sérum de chien, puis le sérum de mouton. Le sérum de cheval n'est pas toxique.

En comparant le pouvoir neurotoxique avec le pouvoir vasoconstricteur et le pouvoir hémolytique de ces différents sérums vis-à-vis du cobaye, on constate qu'il existe un parallélisme qualitatif, mais qu'il est loin d'être rigoureux au point de vue quantitatif. Ainsi le sérum de chien, qui possède un pouvoir hémolytique inférieur à celui de mouton, possède par contre un pouvoir neurotoxique supérieur.

Nous devons donc conclure que, dans les différents tissus du cobaye, les substances réceptrices ayant une affinité pour les

cytotoxines naturelles offrent une certaine parenté entre elles.

Par contre, comme nous l'avons déjà dit, les antigènes qui donnent lieu à la formation des immun-cytotoxines les plus actives sont bien différents d'un tissu à l'autre.

Par conséquent les antigènes les plus actifs ne sont pas constitués par les substances réceptrices attaquées par les cytotoxines naturelles.

On pourrait émettre l'hypothèse que les antigènes les plus actifs sont ceux qui sont représentés par les substances ayant une fonction spécifique dans chaque tissu et qui sont, par conséquent, plus hautement différenciées.

Ces antigènes donnent lieu à la formation d'immun-cytotoxines extrêmement puissantes agissant à des doses extrêmement petites.

J. Briquet. — *Le stigmate et la biologie florale des Hydrangea américains.*

En étudiant récemment une série de nouveaux *Hydrangea* de l'Amérique centrale et de l'Amérique du Sud — appartenant au groupe que Ruiz et Pavon[1] ont décrit sous le nom générique de *Cornidia* et dont M. Ad. Engler[2] a fait une section *Cornidia* dans le genre *Hydrangea* — notre attention a été attirée sur le stigmate dans ce genre par M. J.-K. Small. Cet auteur a attribué en 1905[3] aux *Cornidia* des styles subulés à stigmate presque terminal, tandis que les *Hydrangea* (sensu stricto) seraient dépourvus de styles, mais possèderaient des stigmates introrses. Ce qui rend très obscures ces indications — assez singulières par elles-mêmes, — c'est que M. Small a caractérisé en 1903[4], puis en avril 1913[5], le genre *Hydrangea* (sensu stricto) comme pourvu de 2-4 styles distincts ou légèrement unis à la base. En

[1] Ruiz et Pavon. *Florae peruvianae et chilensis prodromus*, p. 53, tab. 35 (1794).

[2] Engler. *Die natürlichen Pflanzenfamilien*, III, 2 *a*, p. 76 (1891).

[3] Small in Britton and Underwood. *North American Flora*, XXII, 2, p. 159 (1905).

[4] Small. *Flora of the Southern United States*, ed. 1, p. 506 (1903).

[5] Small. *Flora of the Southern United States*, ed. 2, p. 505 (1913).

septembre 1913[1], l'auteur est revenu à sa définition de l'absence de styles pour les *Hydrangea* (sensu stricto). Il semble que M. Small ait fini par s'apercevoir de la contradiction qu'impliquent ces données successives, car il a attribué en dernier lieu aux *Hydrangea* des styles « nuls ou très courts »[2]. Quoi qu'il en soit, il y a là un point de morphologie florale à élucider, lequel, comme on va le voir, présente aussi un certain intérêt biologique.

Notons d'abord que les *Hydrangea* de l'Amérique du Nord décrits par M. Small[3] ne sont *jamais dépourvus de styles.* Ceux-ci sont dans la règle au nombre de 2, fort courts il est vrai, mais visibles sans l'aide d'une loupe après la chute des étamines. Au début de l'anthèse, ils constituent deux colonnettes épaisses, presque dressées au-dessus du plateau de l'hypanthium, atteignant tout au plus 1 mm de hauteur, un peu coniques à la base, graduellement renflées et comprimées d'avant en arrière vers le sommet arrondi. A ce moment la position du stigmate ne peut être indiquée avec certitude sans une étude microscopique, attendu que les papilles stigmatiques, très serrées les unes contre les autres, commencent seulement à saillir. Toutefois, l'examen microscopique montre que le stigmate est formé par une large bande de papilles, située à cheval sur le sommet du style, d'avant en arrière. La bande descend très peu du côté extérieur, tandis qu'elle est nettement décurrente du côté intérieur. Les styles étant dressés l'un à côté de l'autre et souvent même l'un contre l'autre, les deux bandes internes se trouvent appliquées et leurs papilles, encore courtes d'ailleurs, sont inaccessibles ou difficilement accessibles au pollen. Ce n'est qu'après l'émission du pollen, non seulement par les 4-5 étamines extérieures, mais encore par les 4-5 intérieures, que les styles atteignent leur plein développement et que les stigmates deviennent organisés réceptivement. Les styles s'allongent, atteignent 1,5 mm de longueur, s'écartent l'un de l'autre en s'incurvant extérieurement et les bandes stigmatiques internes deviennent librement exposées. A ce

[1] Small. *Shrubs of Florida,* p. 23 (1913).

[2] Small and Carter. *Flora of Lancaster County,* p. 143 (1913).

[3] Nous avons étudié les *Hydrangea arborescens* L., *H. radiata* Walt. et *H. quercifolia* Bartr.

stade, il est facile de constater que l'épiderme du style est constitué par des cellules parallélipipédiques, allongées dans le sens de l'axe, peu élevées dans le sens du rayon et faiblement bombées extérieurement. Au contraire, les papilles stigmatiques font saillie comme autant de corps pyriformes ou claviformes, à parois minces et hyalines. Par leur réunion ces papilles constituent une véritable brosse dans laquelle viennent s'emprisonner d'innombrables grains de pollen. Ceux-ci sont ellipsoïdaux, à trois plis longitudinaux, à exine obscurément et finement ponctuée et à surface légèrement oléagineuse. C'est donc à tort que T. Meehan[1] et Ch. Robertson[2] ont qualifié d'*homogames* les fleurs des *Hydrangea* : celles-ci sont au contraire le plus souvent nettement allogames. La protandrie, l'exposition des bandes stigmatiques internes par étalement des styles, la viscosité du pollen, et la sécrétion abondante de nectar par le disque confirment la nécessité de l'intervention des insectes dans la pollination. Les listes d'insectes visiteurs données par Robertson comportent en effet 13 espèces d'Hyménoptères, 13 Diptères et quelques Coléoptères et Lépidoptères. On conçoit dès lors sans peine, étant donné la petitesse des fleurs — à nectar il est vrai librement exposé — l'avantage biologique que les *Hydrangea* retirent d'avoir leurs fleurs groupées en grand nombre en cymes formant une inflorescence ombelliforme, et le rôle utile que jouent les fleurs stériles périphériques à sépales pétaloïdes fonctionnant comme appareil vexillaire. Nous pensons donc qu'il n'y a pas lieu de discuter plus longtemps les idées de Meehan sur l'irrationalité de l'organisation des *Hydrangea*, fondées qu'elles étaient sur la croyance erronée à l'homogamie de ces plantes.

Ces données étant acquises pour les *Hydrangea* proprement dits, comment se comportent les espèces groupées sous le nom de *Cornidia ?*

Il faut distinguer ici entre deux types très différents. Le pre-

[1] Meehan. *Contributions to the life histories of plants II: A study of Hydrangea in relation to cross-fertilization*. Proc. Acad. nat. Sc. Philad. 1888, p. 277-279. — Idem. *A study of Hydrangea as to the objects of cross-fertilization*. Botan. Gazette, 1888, XIII, p. 236.

[2] Robertson. *Flowers and insects IX*. Botan. Gazette, 1892, XVII, p. 269-270.

mier type, qui englobe la grande majorité des espèces, possède une inflorescence ombelliforme dans laquelle les cymes ont leur axe basal inséré à un seul et même étage. Tantôt les fleurs périphériques sont stériles, à appareil vexillaire formé par 4 sépales pétaloïdes (*Hydrangea peruviana* Moric., *Schlimii* Briq., *platyphylla* Briq., *Trianae* Briq., *Goudotii* Briq., *durifolia* Briq. et *Oerstedii* Briq.), tantôt les fleurs stériles manquent (*Hydrangea Preslii* Briq., *ecuadorensis* Briq., *umbellata* Briq., *Sprucei* Briq. et *Mathewsii* Briq.). Dans le second type, l'inflorescence est formée par plusieurs étages superposés de cymes disposées en pseudo-ombelles, sans fleurs périphériques stériles (*Hydrangea tarapotensis* Briq., *integrifolia* Engl., *serratifolia* Phil.). Examinons successivement ces deux types.

Les espèces du premier type possèdent toutes une organisation semblable à celle des *Hydrangea* du Nord étudiés jusqu'ici. Il y a presque toujours 8 étamines, rarement 6 (*H. platyphylla*). Les pétales au nombre de 4 s'écartent à l'anthèse par les côtés et par le sommet et tombent presque immédiatement. Seul, l'*H. peruviana* nous a offert une corolle dans laquelle les 4 pétales sont solidement cohérents et qui tombe tout d'une pièce à la façon d'une coiffe. Cette coiffe est arrondie, obliquement tronquée à la base, et assez épaisse. Il y a là un phénomène analogue, mais non pas identique, à ce que MAXIMOWICZ[1] a décrit chez certains *Hydrangea* asiatiques de la section *Calyptranthe*. Chez ces derniers, en effet, les pétales restent cohérents au sommet seulement, la coiffe étant apiculée. Le mécanisme de la chute est d'ailleurs partout le même. Les filets staminaux s'allongent à l'intérieur du dôme corollin de sorte que les anthères font pression sur le plafond, ou encore (espèces à longs filets et à pétales se séparant par les côtés) les filets sont fortement incurvés et font pression contre les parois, les anthères étant reployées et groupées au-dessus des styles. Ces derniers sont normalement au nombre de 2 dans les espèces à fleurs stériles, de 3-4 dans les autres. D'abord courts et dressés, à base conique, à extrémité graduellement renflée, ils deviennent ensuite étalés et un peu incurvés en dehors. Les papilles stigmatiques sont construites comme

[1] MAXIMOWICZ. *Revisio Hydrangearum Asiae orientalis*, p. 16. Mém. Acad. Pétersb., 1867, VII, 10.

dans les *Hydrangea* du Nord et disposées en une bande à cheval sur le sommet du style, très courte du côté extérieur, plus allongée et décurrente du côté introrse. Seul l'*H. durifolia* nous a offert des papilles stigmatiques à distribution plus diffuse. La longueur du style est assez variable selon les espèces, le plus souvent 1-2 mm. Chez l'*H. Schlimii,* les styles n'atteignent guère plus de 0,3 mm ; ils ne dépassent pas ou à peine 0,5 mm chez l'*H. platyphylla.* La protandrie nous a paru partout plus ou moins accusée. Somme toute, les *Cornidia* à inflorescence ombelliforme uniétagée ne se distinguent par aucun caractère floral saillant, ni biologique, ni morphologique, des *Hydrangea* du Nord ; aucun d'eux ne possède un style subulé à stigmate presque terminal, comme l'a avancé M. Small ; plusieurs ont des styles encore plus courts que leurs congénères de l'Amérique du Nord.

En revanche, les espèces dotées de plusieurs étages de cymes ombelliformes apportent des faits nouveaux. L'*H. integerrima* Engl. est remarquable par ses étamines à longs filets jaunâtres, atteignant jusqu'à 5 mm de longueur. Les styles sont au nombre de 2-3, érigés d'abord, puis divergents, atteignant 0,8 mm de longueur, graduellement amincis vers le sommet qui est à peine renflé. Là aussi, il existe encore une étroite décurrence stigmatique du côté interne. Enfin l'*H. tarapotensis* occupe sans contredit une place à part parmi tous les *Hydrangea* américains. Dans cette espèce octandre, il y a 1, 2 ou 3 styles, coniques à la base et épais, érigés, atteignant jusqu'à 2 mm de longueur. Lorsqu'il y a plus d'un style, ces organes sont presque toujours *cohérents, en une colonne unique,* rétrécie de la base au sommet, brièvement 2-3 lobulée à l'extrémité. Ici les papilles stigmatiques sont localisées au sommet, descendant légèrement sur les flancs extérieurs de la pointe, ce qui est parfaitement rationnel au point de vue biologique. La tendance très marquée de l'*H. tarapotensis* à la synstylie évoque dans une certaine mesure l'image du style unique à branches apicales stigmatifères des genres *Schizophragma* Maxim. et *Pileostegia* Hook. et Thoms., tous deux asiatiques.

En résumé, nos recherches ont abouti à des résultats intéressant à la fois la biologie florale et la systématique des *Hydrangea.*

Elles montrent que les fleurs sont *allogames* (protandrie, pollen visqueux, styles s'étalant pour exposer une bande stigmatique introrse, production de nectar, etc.) et non pas homogames comme on le croyait jusqu'ici. D'autre part elles annulent les caractères distinctifs tirés du style et du stigmate que M. Small avait invoqués pour distinguer les genres *Hydrangea* et *Cornidia*. Nous avons montré ailleurs que les caractères carpologiques employés concurremment avec les précédents par notre confrère américain ne sont réellement diagnostiques que si l'on se borne exclusivement aux espèces américaines du genre *Hydrangea*.

Séance du 15 mai 1919.

Eug. Bujard. — *A propos d'un cas d'opocéphalie chez le cobaye : les synotocyclopes et les strophocéphales.*

L'opocéphale qui fait l'objet de ces quelques remarques est un fœtus de cobaye de 5 cm de longueur, mesurée de la tête au siège. Il nous a été remis par M. Verdier, qui l'a découvert au cours d'une autopsie au laboratoire de physiologie. Il provient d'une grossesse gémellaire dans laquelle le frère utérin, de même longueur, est normal.

L'aspect du monstre est caractéristique. Le corps est normal, aussi bien de volume que de forme. Il est prolongé par un cou cylindroïde, que le redressement fait paraître trop long. Celui-ci est surmonté par une petite tête, qui porte en avant, sur une sorte de socle, un gros œil médian ; ceci donne à la tête une vague ressemblance avec un « phare d'automobile ». L'œil médian mesure 5 mm de diamètre (diam. cornéen 1,5 mm). Il ne présente aucune trace apparente de redoublement. Il n'y a pas de paupières à proprement parler, mais un petit bourrelet cutané enveloppe le socle porteur de l'œil. Au-dessous, un repli et un sillon transversaux unissent les deux conques et les orifices des conduits auditifs. Une petite crête médiane s'étend de ce repli interauriculaire au socle oculaire. On ne voit ni bouche ni nez. Quant au crâne, il est très petit, comme la masse cérébrale qu'il contient. A travers la transparence de la peau, on aperçoit les sutures osseuses. L'occipital est de grandeur normale, les parié-

taux sont plus petits et le frontal est réduit à une lamelle triangulaire au-dessus du socle oculaire. Toute la tête est fortement pigmentée. Le pigment s'étend sur les pariétaux et le frontal, ainsi que sur le bord des oreilles. Chez le frère utérin, la pigmentation céphalique est moindre ; son aire est limitée à la région nucale et à la partie supérieure des oreilles. Le monstre ne présente pas d'autres anomalies surajoutées, accidentelles, qu'une amputation du membre caudal droit au niveau du genou.

Le fœtus de cobaye que nous venons de décrire répond entièrement à la définition du type *opocéphale* telle que l'a déjà établie Is. Geoffroy St. Hilaire (1836)[1] : un seul œil ou deux yeux réunis dans une même orbite ; deux oreilles rapprochées ou réunies sous la tête ; mâchoires atrophiées ; pas de bouche ; pas de trompe ; — ou telle que l'a précisée L. Blanc (1895)[2]. Ce qui distingue notre monstre des cas semblables, c'est la proéminence de l'œil posé sur un socle au lieu d'être enchâssé dans une orbite.

L'opocéphalie est une malformation complexe de la face, qui unit les caractères des cyclopes à ceux des synotes. Elle a été observée chez le mouton surtout, puis chez le chien, le chat et peut-être l'homme. Notre cas serait le seul qui ait été signalé chez le cobaye et chez un fœtus avant terme. L'opocéphalie et les formes qui lui sont parentes sont encore difficiles à classer. Les affinités qu'elles ont entre elles n'ont pas toujours été présentées de la même façon par les auteurs.

Les malformations de la tête peuvent être groupées en trois séries correspondant aux trois étages céphaliques : cérébral, oculo-nasal et mandibulaire.

A) Les *malformations cérébrales* ne nous intéressent ici que par leur association avec celle des deux autres groupes.

B) Les *malformations régressives de l'étage oculo-nasal* forment une série tératologique très homogène, qui va de l'individu normal au cyclope parfait, en passant par tous les degrés de la synrhinie et de la synopie. Ses caractères généraux ont déjà été établis par Is. Geoffroy St. Hilaire qui a créé la classe des

[1] Geoffroy St. Hilaire, Is. *Hist. génér. et partic. des anomalies de l'organisation*, tome II, IIIe partie, Paris 1836.

[2] Blanc, L. *Sur l'otocéphalie et la cyclotie.* Journ. de l'anat. et de la physiol., 31e année, 1895.

Cyclocéphales. Les travaux plus récents, comme ceux de Kundrat[1], de Schwalbe[2], etc., n'ont fait que de préciser les formes originelles de la série et les anomalies cérébrales qui accompagnent toujours ces malformations. L'aggravation progressive des anomalies de cette série est parallèle à une aplasie toujours plus marquée du bourgeon frontal et de ses dépendances, les bourgeons incisifs. Cette aplasie a pour corollaire la soudure médiane des parties latérales de la face. Les divers degrés de cette réduction de la face peuvent être résumés ainsi :

1. *Schistostomes bilatéraux*[3].— Hypoplasie plus ou moins nette des bourgeons incisifs, avec fissuration labio-palatine double.

2. *Rhinostomes*[4]. — Agénésie plus ou moins complète des bourgeons incisifs, avec fissuration labio-palatine double simulant une large fissure médiane. Aplasie de la cloison nasale. Aplatissement du lobule nasal.

3. *Monomyctères*. [Cébocéphales I. G. S. H.][5]. — Agénésie des bourgeons incisifs masquée par la soudure médiane des maxillaires supérieurs. Synrhinie : une seule fosse nasale plus ou moins étroite. Rapprochement des deux yeux.

4. *Proboscirhines*. [Ethmocéphales I.G.S.H.][6]. — Mêmes caractères, mais aggravés. Arhinie plus ou moins complète : pas de fosses nasales, transformation de l'appareil nasal en une trompe interorbitaire. Orbites adjacentes, mais non confondues.

[1] Kundrat, H. *Arrhinencephalie als typische Art von Missbildung*. Graz, 1882.

[2] Schwalbe, E. *Die Cyclopie* — in Schwalbe. *Die Morphologie der Missbildungen des Menschen und der Tiere*. III. Teil, XI. Liefer., Iena, 1913.

[3] De σχιστος fendu et στομα la bouche. Le terme de *Cheilo-gnatho-ouranoschisis* (de χειλος la bouche, γναθος la mâchoire, ουρανος la voûte [palatine] et σχισις la fente) est plus descriptif, mais décidément trop complexe.

[4] De ρις (ρινος) le nez et στομα la bouche, en soulignant la réunion des deux organes.

[5] Le terme figuré de cébocéphale (de κηβος le singe et κεφαλη la tête) n'est guère représentatif que pour les monstres humains ; nous proposons de le remplacer par un terme descriptif, composé de μονος unique et μυκτηρ la narine.

[6] Le nom d'ethmocéphale a été donné à ce type pour souligner les anomalies de l'os ethmoïde (de ηθμος le crible) ; il est trop peu représentatif. Nous proposons de dénommer ce genre d'un terme composé de προβοσκις la trompe d'éléphant et de ρις (ρινος) le nez.

5. *Cyclopes.* — Mêmes caractères, mais encore aggravés. Synopie plus ou moins complète : fusion des deux orbites sur la ligne médiane ; fusion plus ou moins parfaite des deux yeux en un seul œil médian, normal ou plus ou moins aplasié[1].

Subdivision du type en deux variétés en tenant compte de la présence ou de l'absence d'une trompe nasale susorbitaire.

Variétés	*C. rynchaenus*[2]	[Rhinocéphales I.G S.H.]
	C. arynchus	[Cyclocéphales I.G.S.H.]

Parallèlement à la réduction faciale, le cerveau subit aussi une réduction. Elle débute par une agénésie des lobes olfactifs : *arhinencéphalie* de KUNDRAT. Celle-ci s'observe dans les trois premiers degrés ci-dessus ; elle peut exister aussi sans malformation faciale[3]. La réduction cérébrale se complète chez les autres par un défaut de séparation des deux hémisphères avec soudure plus ou moins marquée des ganglions basaux et des couches optiques. Le cerveau est transformé en une vésicule plus ou moins dilatée : *cyclencéphalie* de Is. GEOFFROY St. HILAIRE.

C) Les *malformations régressives de l'étage mandibulaire* aboutissent à la synotie par une série de dégradations moins régulières que les précédentes. Cette fusion des oreilles sur la ligne médiane ventrale a frappé les auteurs qui en ont fait un caractère principal. Ceci les a amenés à grouper dans une même famille des monstruosités relevant de types différents. Is. GEOFFROY St. HILAIRE classe les divers monstres synotes sous le nom d'*Otocéphales*[4] ; mais il fait déjà remarquer que cette famille n'est pas homogène et que probablement l'un ou l'autre de ses genres (Sphénocéphales, etc.) devra en être séparé. L. BLANC a repris l'étude de ce groupe et y a apporté beaucoup plus de clarté. Il classe la famille des otocéphales en trois genres caractérisés par la présence ou l'absence et par le degré des malformations cérébrales associées. Ces trois groupes se subdivisent à leur tour en huit types qui, dit l'auteur, « forment une série

[1] L'aplasie oculaire peut aller jusqu'à l'anopie apparente ou réelle.

[2] D'après GURTL, de ῥυγχος le groin.

[3] L'arhinencéphalie est en général accompagnée d'une synostose des deux frontaux.

[4] De οὖς (ωτος) l'oreille et κεφαλη la tête.

continue. Cependant toutes les formes ne dérivent pas les unes des autres par des transitions insensibles; il y a deux hiatus qui ont permis de subdiviser ces monstruosités en trois groupes ». Ces profondes coupures nous paraissent dues au fait qu'il s'agit de séries divergentes et non pas continues comme l'admet Blanc. Il faut davantage tenir compte de la combinaison des malformations de l'étage mandibulaire avec celles de l'étage oculo-nasal, et cela à tous les degrés de leurs séries respectives. D'autre part la distinction que Blanc précise entre l'orbite présphénoïdale des cyclopes vrais et l'orbite sous-sphénoïdale des otocéphales cyclopes nous paraît superflue. Il s'agit là d'adaptations squelettiques consécutives à une anomalie excessivement précoce; elles nous paraissent, comme à Rabaud [1], à Josephy [2], etc., insuffisantes pour dissocier les formes cyclopes en deux types opposés.

I. Les *malformations simples de l'étage mandibulaire* sont peu nombreuses et n'aboutissent pas à la synotie réelle. Le cerveau reste normal. La réduction de la mandibule comprend deux degrés seulement :

1. *Micrognathes.* — Raccourcissement et hypoplasie de la mandibule avec inclinaison des arcades dentaires, « profil d'oiseau » ; léger rapprochement ventral des oreilles.

2. *Agnathes* [Agéniocéphales Bl.] [3]. — Défaut apparent de la mandibule (traces squelettiques). Microstomie. Rapprochement des oreilles au-dessous de la tête, sans synotie réelle.

II. Les *malformations combinées des étages mandibulaire et oculo-nasal* réalisent seules la synotie complète. L'extension faciale des anomalies mandibulaires peut être diverse; nous distinguerons deux séries de malformations n'ayant rien de commun entre elles et correspondant aux deux premières familles otocéphaliques de Blanc.

a) Dans la première série, l'agnathie est compliquée d'un

[1] Rabaud, Et. *Recherches embryologiques sur les Cyclocéphaliens.* Journ. de l'anat. et de la physiol., 37e année, 1901 et 38e année, 1902.

[2] Josephy, H. *Otocephalie und Triocephalie* — in Schwalbe. *Die Morphologie der Missbildungen des Menschen und der Tiere.* III. Teil, XI. Liefer. Iena 1913.

[3] De ἀ privatif et γένειον le menton.

reploiement progressif des maxillaires supérieurs et des os de la face vers la ligne médio-ventrale; ce reploiement est suivi de leur atrophie et du déplacement ventral des yeux. Le cerveau reste normal. Nous conserverons à cette série le nom de *Strophocéphales*[1] *I. G. S. H.* Elle comprend trois degrés :

1. *Strophognathes* [Sphénocéphales I. G. S. H.][2]. — Reploiement des maxillaires supérieurs vers la ligne médio-ventrale et affrontement des arcades dentaires.

2. *Strophogényens* [Agnathocéphales Bl.][3]. — Fusion médiane des arcades dentaires et hypoplasie des maxillaires. Reploiement ventral des arcs zygomatiques. Déplacement ventral des deux yeux.

3. *Strophopes*[4] [Strophocéphales I. G. S. H.]. — Aplasie des maxillaires supérieurs et des arcs zygomatiques. Rapprochement des deux yeux sur la face ventrale de la tête, mais pas de synopie.

Dans les trois degrés, les oreilles sont plus ou moins fusionnées sur la ligne médiane : synotie.

La strophocéphalie n'a été observée jusqu'ici que chez le mouton.

b) Dans la seconde série, il y a combinaison de l'agnathie[5] avec les divers degrés de la série cyclopéenne. La synotie y devient de plus en plus parfaite. Il est à noter cependant qu'elle intéresse surtout les oreilles moyennes, qui peuvent fusionner complètement, tandis que les oreilles externes sont seulement adjacentes et les oreilles internes simplement juxtaposées. Cette seconde série tératologique comprend des malformations progressives caractérisées d'une part, par l'aggravation des anomalies faciales, qui va jusqu'à l'aprosopie complète, et d'autre part,

[1] De στρεφω (στροφ-) retourner et κεφαλη la tête.

[2] Le nom de sphénocéphale a été donné à ce type pour souligner les anomalies de l'os sphénoïde (de σφην le coin). Nous proposons de le remplacer par un terme indiquant la torsion des maxillaires, de στρεφω (στροφ-) retourner et γναθος la mâchoire.

[3] De στρεφω (στροφ-) retourner et γενυς la joue ; le terme d'agnathocéphale prête à confusion avec les agnathes vrais ou agéniocéphales Bl.

[4] De στρεφω (στροφ-) retourner et ωψ (οἱ ωπες) les yeux.

[5] Ou de la micrognathie comme dans les *Stomocéphales* I.G.S.H., qui sont des cyclopes micrognathes.

par la réduction du cerveau. qui va jusqu'à l'anencéphalie vraie [1]. Nous donnerons à ses divers types le nom général d'*Apocéphales* [2]. Cette série comprend trois degrés :

1. *Synotocyclopes* [3]. — Synopie complète. Arhinie (quelquefois une trompe sus-orbitaire). En général pas de bouche. Synotie incomplète. Cerveau vésiculeux du même type que celui des cyclopes simples : hémisphères fusionnées en une vésicule plus dilatée.

Variétés { *S. rynchænus.* / *S. arynchus.* }

2. *Synoposynotes* [4]. — Mêmes caractères que les précédents, mais cerveau fortement réduit, en général agénésie des hémisphères

Variétés { *S. rynchænus* [Edocéphales [5] I.G.S.H.] / *S. arynchus* [Opocéphales [6] I.G.S.H.] }

3. *Aprosopes* [Triocéphales I.G.S.H.]. — Anopie totale. Cerveau complètement aplasié. Tête réduite à deux oreilles surmontant le cou.

Les *Sphérocéphales Bl.*, sont des types divergents ; chez eux l'aprosopie est aussi complète que chez les triocéphales ; mais le cerveau est vésiculeux comme chez les synotocyclopes.

La synotocyclopie a été observée chez l'homme ; les autres formes, plus graves, seulement chez les animaux.

En résumé il nous semble que le groupe des *otocéphales,* tel que l'ont conçu Is. GEOFFROY St. HILAIRE et BLANC, doit être dissocié et que le terme d'otocéphale doit être retranché de la nomenclature tératologique moderne pour éviter toute confusion [7].

[1] Qu'il ne faut pas confondre avec la soi-disant anencéphalie des acraniens.

[2] De απο- préfixe indiquant un changement régressif, une privation et κεφαλη la tête.

[3] En soulignant que la cyclopie, malformation principale, a été aggravée de synotie, malformation associée.

[4] En insistant sur la synotie, qui tend à prédominer comme caractère générique sur la synopie.

[5] De αἰδῖον le pénis et κεφαλη la tête.

[6] De ωψ (ωπος) l'œil et κεφαλη la tête.

[7] Les seuls otocéphales étymologiquement vrais sont les triocéphales : tête réduite à une paire d'oreilles.

Deux séries divergentes de malformations peuvent compliquer l'agnathie : la *série strophocéphalique* et la *série apocéphalique,* dont le terme est l'aprosopie.

Blanc crée la famille des *Cyclotes* pour y ranger des formes intermédiaires entre les Cyclocéphales et les Otocéphales. Cette famille ne comprend que quelques observations anciennes et incomplètes qui ne rentrent pas dans les cadres que l'auteur assigne aux otocéphales. Il s'agit simplement, pour autant que les descriptions permettent de décider de la chose, de variétés de synotocyclopes avec microstomie.

C.-E. Guye. — *L'équation de la décharge disruptive dans les mélanges de gaz.*

L'équation de la décharge peut se déduire des considérations cinétiques (ionisation par choc) qui sont à la base de la théorie connue de la décharge disruptive dans les gaz purs. Mais l'équation prend une forme très complexe et malaisée à interpréter, bien que les lois du potentiel explosif dans les mélanges de gaz (air) aient sensiblement la même allure que dans les gaz purs. M. Guye rappelle à ce propos que le potentiel explosif peut se produire pour $\alpha > \beta$; $\beta > \alpha$; $\alpha = \beta$; α et β désignant les nombres de chocs ionisants correspondant au trajet d'un électron ou d'un ion positif pour un parcours d'un centimètre dans un champ uniforme. Mais pratiquement, sauf aux très courtes distances et aux très faibles pressions, c'est toujours la condition $\alpha > \beta$ qui est satisfaite au moment où se produit le potentiel explosif. L'ionisation par choc est donc due presque exclusivement aux chocs des électrons contre les molécules du gaz. Les considérations qui précèdent permettent de ramener l'équation de la décharge dans un mélange de deux gaz, à celle de la décharge dans les gaz purs. Ces considérations seront développées dans un mémoire d'une façon plus complète.

Maurice Bedot. — *Le développement des colonies d'Aglaophenia.*

Dans la description des Hydroïdes provenant des Campagnes scientifiques du Prince de Monaco (1900), j'ai montré de quelle

façon se faisait, chez l'*Aglaophenia acacia,* la transformation des hydroclades en branches.

La première modification que l'on observe est l'accroissement des articles hydrocladiaux en longueur et en largeur. Il en résulte une disjonction de l'hydrothèque et de la nématothèque médiane qui, au lieu de rester accolées, se séparent. Puis, dans la région distale de l'hydroclade en voie de transformation, les

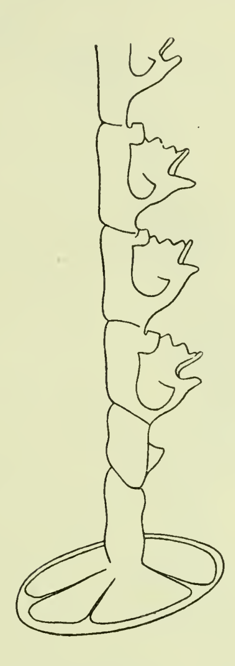


Fig. 1. — Jeune colonie d'*A. kirchenpaueri.* Gross. × 35.

hydrothèques disparaissent en laissant à leur place un petit mamelon percé d'une ouverture et sur lequel se formera un hydroclade. Alors que la nouvelle branche porte déjà des hydroclades à son extrémité, on trouve encore des hydrothèques dans sa région proximale.

J'étais arrivé à la conclusion que les 3 nématothèques placées au-dessous du point d'origine des hydroclades, soit sur l'apophyse, représentaient les 3 nématothèques accompagnant une

hydrothèque caulinaire qui avait disparu. En se basant sur ces observations, BILLARD[1] émit l'idée que les *Aglaophenia* devaient avoir eu primitivement une tige semblable à un hydroclade, comme cela existe chez certains genres de Plumularides. Les nouvelles recherches que j'ai faites viennent confirmer cette hypothèse.

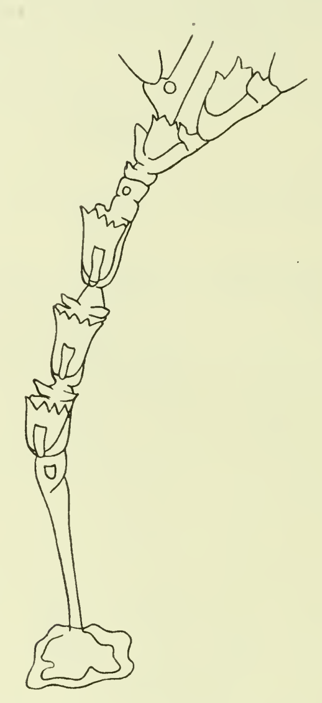


Fig. 2. — Jeune colonie d'*A. pluma*.
Gross. × 27.

La figure 1 représente une très jeune colonie d'*A. kirchenpaueri* récoltée à Naples et mesurant 2^{mm} de hauteur. Au centre de la rosette de fixation, se trouve une courte apophyse verticale sur laquelle s'élève la tige composée de 5 articles. Le premier article ne porte qu'une nématothèque ; les 4 autres ont chacun une hydrothèque accompagnée de ses 3 nématothèques disposées comme chez les colonies adultes.

[1] BILLARD, A., *Hydroïdes*. In : Expéditions scientifiques du « Travailleur » et du « Talisman ». Paris, 1906.

De jeunes *A. pluma* de Roscoff montrent un degré de développement un peu plus avancé, par le fait qu'elles ont déjà des hydroclades. L'une d'elles (fig. 2) mesure 11^{mm} et porte 16 hydroclades. Au-dessus de la rosette, on voit d'abord une région allongée et nue, puis un court article pourvu seulement d'une nématothèque. Il est suivi de 3 articles ayant chacun une hydrothèque accompagnée de 3 nématothèques. Ensuite vient une région dans laquelle chaque article caulinaire a une apophyse portant un hydroclade.

Les *A. kirchenpaueri* et *pluma* adultes n'ont pas d'hydrothèques caulinaires. Leur tige se présente donc, pendant le cours du développement, sous 3 aspects différents représentés schématiquement par la figure 3.

La *tige primitive* (A) n'a pas d'hydroclades. On y distingue une région basale nue et une région portant des hydrothèques caulinaires. Lorsque les hydroclades commencent à se former, la colonie a, pendant quelque temps, une *tige transitoire* (B) dans laquelle se trouve, entre la *région basale* (*rb*) et la *région hydrocladiée* (*rh*), une *région intermédiaire* (*ri*) dont les articles caulinaires ont des hydrothèques.

La *tige définitive* (C) est caractérisée par la disparition des hydrothèques caulinaires. Les articles de sa région intermédiaire ne portent plus que des nématothèques.

La région basale nue s'allonge pendant le développement de la colonie et peut montrer une division en segments servant probablement au renforcement de la tige. Les plans d'articulation de cette région sont toujours perpendiculaires à l'axe de la tige, tandis qu'ils sont plus ou moins obliques dans les autres régions.

On rencontre très rarement, chez *A. pluma*, des jeunes colonies portant des hydrothèques sur la tige, alors que les jeunes colonies sans hydrothèques caulinaires sont très nombreuses. Les recherches que j'ai faites m'ont amené à la conclusion que ces différences sont en relation avec le mode de développement. En effet, les colonies peuvent se former aux dépens d'une larve, ou par bourgeonnement sur un stolon hydrorhizal. Or, les 18 colonies avec hydrothèques caulinaires que j'ai trouvées (1 d'*A. kirchenpaueri* et 17 d'*A. pluma*) étaient encore fixées au moyen de

la rosette larvaire, tandis que les jeunes colonies sans hydrothèques caulinaires, que j'ai pu observer très fréquemment, avaient toujours pris naissance par bourgeonnement sur un stolon hydrorhizal. Je n'ai jamais vu de colonies avec rosette de fixation sans hydrothèques caulinaires.

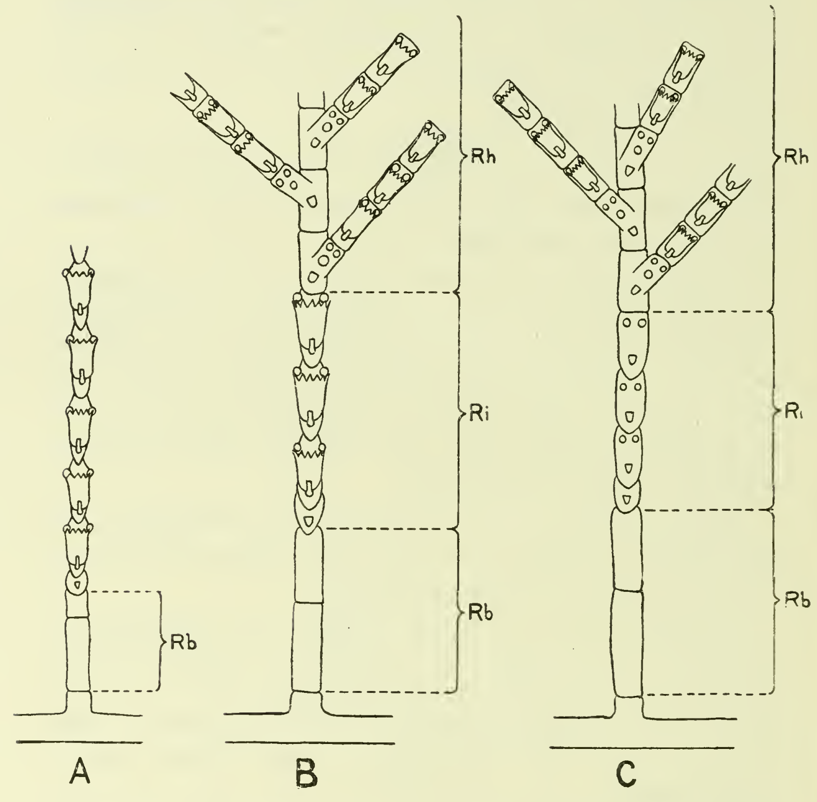


Fig. 3. — Schéma représentant 3 stades du développement de la tige des *Aglaophenia*.
A = tige primitive ; B = tige transitoire ; C = tige définitive.
Rb = région basale ; Ri = région intermédiaire ; Rh = région hydrocladiée.
Les pseudo-nématothèques ne sont pas représentées sur les articles de la région intermédiaire de la tige définitive.

Les *Aglaophenia* ont donc, dans certains cas, au début du développement, une disposition architectonique représentant très probablement celle des formes dont dérivent les Aglaophénies actuelles. Cette disposition, qui se modifie dans la suite du développement, apparaît seulement chez les colonies provenant

directement d'une larve; elle ne se montre pas chez celles qui se forment par bourgeonnement sur des stolons hydrorhizaux.

Les colonies adultes n'ont pas toujours une organisation semblable à celle qui est représentée schématiquement par la figure 2 C. Dans certains cas, il n'y a pas de région intermédiaire composée d'articles portant seulement des nématothèques; la région basale est suivie immédiatement d'une région hydrocladiée dont elle peut, cependant, être séparée par un article très court portant une nématothèque. Il est probable, d'après ce que

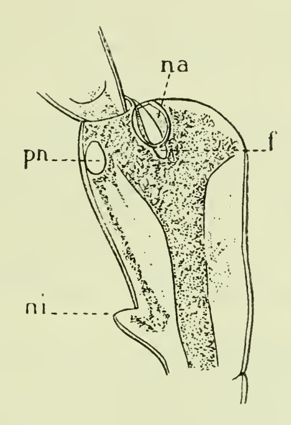


Fig. 4. — Article caulinaire de l'extrémité distale de la tige d'une *A. pluma*.
na = nématothèque latérale (axillaire).
ni = nématothèque inférieure.
pn = pseudo-nématothèque.
f = fente qui apparaît avant la bifurcation de l'article caulinaire.
Gross. × 120.

l'on vient de voir, que ces colonies ont pris naissance par bourgeonnement sur un stolon hydrorhizal.

Lorsque la tige de l'*A. pluma* s'accroît, il apparaît, à son extrémité libre, un nouvel article caulinaire dont la forme est à peu près celle d'un tronc de cône renversé. Il ne se forme pas d'hydrothèque sur cet article, mais, au stade représenté par la figure 4, on voit déjà 3 nématothèques : en bas, sur la face antérieure, la nématothèque inférieure (*ni*) et en haut, sur les faces latérales, les nématothèques latérales ou axillaires (*na*). Une seule des nématothèques axillaires est visible sur le dessin; l'autre se trouve au-dessous. Pendant l'accroissement de l'ar-

ticle, il apparaît, à son extrémité supérieure et à l'intérieur de l'enveloppe de périsarque, une fente perpendiculaire au plan sagittal (*f*). Cette fente s'accroît et vient s'ouvrir à l'extérieur, de sorte que l'extrémité libre de l'article est divisée en deux branches situées l'une *devant* l'autre. La branche antérieure représente l'apophyse de l'hydroclade ; sur l'autre, se développera plus tard un nouvel article caulinaire. Le sympode des *Aglaophenia* se forme donc par bifurcation antéro-postérieure, et non latérale.

Les hydroclades prenant naissance sur la face antérieure de la tige, il en est résulté, chez les colonies de ce groupe de Plumularides, un défaut d'équilibre qui, dans la suite de l'évolution, a été corrigé de deux manières différentes.

Chez les *Streptocaulus,* par suite d'une torsion de la tige, les hydroclades sont placés sur une ligne en spirale et l'équilibre est ainsi rétabli. Mais, chez les *Aglaophenia,* la disposition est tout autre. Les apophyses sont inclinées alternativement à droite et à gauche ; les hydroclades forment alors deux rangées latérales.

Le mouvement de flexion imposé à l'apophyse peut avoir été la cause de la disparition de l'hydrothèque. Ce qui est certain, c'est que, sur l'apophyse et la partie inférieure de l'article caulinaire, les nématothèques occupent la même position relative que sur les articles de la région intermédiaire de la tige, après la disparition des hydrothèques.

On a vu, en étudiant la transformation des hydroclades en branches, qu'après la disparition des hydrothèques on trouvait, à la place qu'elles occupaient, une ouverture placée au sommet d'un petit mamelon. Cette ouverture existe également sur les apophyses, et les auteurs qui l'ont observée n'ont pas hésité à la considérer comme une nématothèque. Il faut remarquer, cependant, que l'on n'a aucun renseignement sur le rôle physiologique de cet organe qui est peut-être chargé de fonctions d'excrétion. Son mode de formation n'est pas semblable à celui des autres nématothèques. Il est déjà représenté, sur les articles caulinaires en voie de formation (fig. 4) par une simple ouverture du périsarque (*pn*) située à la place qu'aurait dû occuper l'hydrothèque si elle s'était développée. Plus tard, il peut

prendre la forme d'un petit tube conique faisant saillie au sommet du mamelon, mais dans certains cas, le mamelon semble, au contraire, ne présenter aucune ouverture.

Quoi qu'il en soit, il est préférable, pour le moment, de distinguer cet organe des véritables nématothèques en lui donnant le nom de *pseudo-nématothèque.*

De nouvelles recherches montreront peut-être que l'apophyse de toutes les Aglaophénies à tige non fasciculée porte normalement, 3 nématothèques et 1 pseudo-nématothèque.

Raoul GAUTIER. — *La Nova Aquilae. Indications complémentaires.*

Le moment n'est pas encore venu de donner des renseignements pouvant prétendre à être complets. Il suffit d'ajouter quelques données à celles fournies dans la séance du 4 juillet 1918[1].

Documents antérieurs. — Les *Circulars* N°s 208 et 210 du Harvard College Observatory (Cambridge Mass.) fournissent les indications suivantes : grâce à la magnifique collection de clichés emmagasinés à l'Observatoire de Harvard College sous la haute direction du regretté Edward-C. PICKERING, il existe 405 reproductions de l'étoile en question depuis le 22 mai 1888. Une autre série de 54 clichés dus à M. BARNARD remonte au 29 juin 1892. Il y a aussi quelques photographies faites à Alger et ailleurs. Il en résulte que si, dans l'ensemble, l'étoile qui est devenue la « Nova Aquilae » était généralement comprise entre la 10e et la 11e grandeur, elle a parfois atteint la 8e grandeur. C'était donc une étoile variable, mais à faibles oscillations.

Le 3 juin 1918 un cliché de Cambrige (Mass.) la montre encore de 10e,9 grandeur. Le 7 juin, à 10 h 50 m (temps moy. Greenwich) un autre cliché l'indique de 6e,2 grandeur, et celui du 8 juin à 19 h 55 m l'indique de grandeur 1,5. Le cliché du 7 juin, postérieur à la découverte par M. LASKOWSKI à Genève, est en contradiction apparente avec elle, mais les fluctuations ultérieures de l'éclat ne permettent pas d'établir qu'il n'y ait pas

[1] *Arch. 1918.* Suppl., p. 56.

eu une variation considérable déjà pendant la période d'ascension de l'éclat de la Nova.

Courbes d'éclat. — La première en date est celle de la 208e circulaire de l'Observatoire de Harvard College. Puis M. GAUTIER peut présenter à la Société les belles courbes dessinées par M. Maurice DU MARTHERAY[1] à Nyon, qui s'étendent du 8 juin au 30 octobre, et qui contiennent aussi les variations de coloration de la Nova. M. DU MARTHERAY a aussi dessiné, d'après l'ensemble des observations qui lui étaient accessibles, la courbe d'éclat de cette Nova et celle de la Nova Persei de 1901, courbes qu'il a prêtées à M. GAUTIER pour être aussi présentées à la Société. Mentionnons encore les observations faites à Lausanne par M. le professeur P.-L. MERCANTON[2] et les notes de M. F. LE COULTRE de Genève[3].

D'après l'ensemble des observations publiées maintenant dans les divers périodiques astronomiques de tous pays[4], il semble bien établi que le *maximum d'éclat* a été constaté le 9 juin au soir et qu'à ce moment là la Nova brillait d'un éclat blanc absolument comparable à celui de Vega et peut-être supérieur. Puis chute rapide et ensuite alternances d'éclat de la fin de juin au commencement de septembre, avec une période moyenne de 11 jours entre deux maxima ou deux minima consécutifs, d'ailleurs variables d'intensité. Rappelons que les fluctuations d'éclat de la Nova de Persée de 1901 présentaient une période plus courte de variations de 3 à 4 jours.

Spectre. — Dans la plupart des observatoires d'Europe et d'Amérique, on n'a pu obtenir des spectrophotogrammes qu'à partir du 13 juin, le temps ayant été généralement couvert du 9 au 11. Cette lacune est maintenant comblée, grâce surtout au rapport de M. Joseph LUNT de l'Observatoire du Cap de Bonne Espérance[5]. Il en résulte que, au moment du maximum d'éclat, la Nova avait un spectre continu à lignes noires, essentiellement

[1] Bulletin de la Société astronomique de France, 32e année, p. 284 et 412.

[2] Arch. Sc. phys. et nat. de Genève, 1919, p. 150.

[3] Bulletin de la Société astronomique de France, 33e année, Nos d'avril, mai et juin 1919.

[4] Monthly Notices of the R. Astronomical Society. — The Observatory. — Astronomische Nachrichten. — Journal des Observateurs, etc.

[5] Monthly Notices, Vol. XXIX, p. 416.

dues à l'Hydrogène et à l'Hélium. Puis il y a eu apposition à ces raies, du côté le moins réfrangible, de bandes d'émission dues à ces mêmes éléments et accusant des déplacements de grande rapidité chiffrés par des centaines et même des milliers de kilomètres. On aboutira probablement ici encore au spectre normal final des étoiles temporaires contenant les raies brillantes des nébuleuses[1]. En somme, phénomènes analogues à ceux de la Nova de Persée, mais avec des caractères spéciaux.

M. Lunt termine son rapport par la remarque suivante: « Dans les Novae on a probablement affaire à trois catégories de corps: 1° l'étoile elle-même, 2° un milieu absorbant résistant, 3° les produits gazeux d'expansion (outburst) produits par l'action réciproque des corps 1° et 2°. » C'est tout ce qu'on peut dire pour le moment.

Séance du 5 juin 1919.

F. Battelli et L. Stern. — *Transformation des acides fumarique et malique par les tissus animaux.*

Dans des recherches antérieures nous avions montré que les tissus animaux oxydent rapidement l'acide succinique en acide malique par l'intervention d'un catalyseur insoluble, la succinicoxydone. Or M. Tinbeck a constaté que dans cette oxydation de l'acide succinique il se forme, à côté de l'acide malique, aussi de l'acide fumarique.

Il nous a paru intéressant de rechercher si le premier produit d'oxydation de l'acide succinique était constitué par l'acide malique ou bien par l'acide fumarique. L'acide ainsi formé par oxydation aurait pu ensuite être transformé dans l'autre acide par hydratation ou par déshydratation.

M. Tinbeck a constaté que le muscle peut transformer l'acide

[1] Dans sa dernière note (The Observatory, vol. XLII, p. 248), M. Lunt signale, en effet, à la date du 7 avril, la couleur verdâtre de la Nova, due au fait que son spectre est presque monochromatique et comprend, à côté de faibles lignes de l'hydrogène, la bande du « nebulium » à $\lambda = 4363$ et surtout les deux lignes brillantes N_1 et N_2, dans le vert, attribuées au même élément hypothétique.

fumarique en acide malique, mais il n'a pas fait de recherches détaillées sur ce point.

Nous avons repris ces expériences et avons en outre recherché si les tissus peuvent aussi transformer l'acide malique en acide fumarique.

Dans un mélange d'acides malique et fumarique, il est assez difficile de déterminer la quantité d'acide malique. Il est par contre assez facile de doser, au moins d'une manière approximative, la quantité d'acide fumarique.

Dans ces déterminations nous avons utilisé comme réactif le chlorure ferrique, qui est d'un emploi très commode. Si l'acide fumarique se trouve seul en solution neutre, le chlorure ferrique le précipite complètement. Mais lorsque l'acide fumarique se trouve à côté de l'acide malique, le malate de fer soluble tient en solution une partie de fumarate de fer. Pour diminuer cette action du malate de fer on ajoute au mélange de ces acides, de l'alcool dans la proportion de 25 $^0/_0$.

Dans nos expériences nous employions des solutions d'acide malique ou d'acide fumarique à 1/100. On ajoute le tissu broyé tel quel, ou l'extrait aqueux, ou le résidu lavé, etc., et on laisse en contact pendant 30 minutes environ à la température de 40°. On fait ensuite bouillir, on filtre et on évapore le filtrat. On acidifie avec de l'acide sulfurique et on extrait par l'éther. Après évaporation de l'éther, on neutralise le résidu et on précipite l'acide fumarique par le chlorure ferrique après avoir ajouté de l'alcool dans la proportion de 25 $^0/_0$.

Nous n'avons pas dosé l'acide malique et nous admettons pour le moment, sans en être certains, que tout l'acide fumarique disparu est transformé exclusivement en acide malique.

Nous avons constaté que tous les tissus que nous avons examinés, à l'état d'émulsion dans l'eau, transforment plus ou moins énergiquement l'acide fumarique en acide malique. La substance active passe très facilement en solution dans l'eau; elle est détruite par un chauffage à 52-54° pendant 30 minutes. Elle présente ainsi les caractères des ferments solubles et nous proposons de lui donner le nom de *fumarase.*

La fumarase est détruite si on traite par l'alcool les tissus ou leurs extraits.

Plusieurs tissus tels que le foie, le rein, les muscles sont très riches en fumarase. Ainsi 1 gramme de foie ou de rein peut transformer 0,30 d'acide fumarique en 30 minutes. D'autres tissus tels que la rate, le cerveau, le pancréas et le sang, renferment des quantités de fumarase beaucoup plus faibles.

La plupart des tissus accomplissent en outre la réaction inverse, c'est-à-dire détruisent l'acide malique en le transformant en acide fumarique. C'est ainsi que se comportent le muscle, le foie, le rein. En employant les tissus pauvres en fumarase (rate, pancréas, sang) on ne réussit pas à obtenir une transformation appréciable de l'acide malique en acide fumarique, que ces tissus soient réellement dépourvus d'une telle propriété, ou que cette réaction soit masquée par la réaction inverse.

La substance active qui transforme l'acide malique en acide fumarique est soluble dans l'eau ; elle est détruite par un chauffage à 55°. Elle a donc les caractères d'un ferment.

Il serait intéressant de savoir si les deux réactions d'hydratation et de déshydratation sont accomplies par un ferment unique, la fumarase, ou par deux ferments distincts.

Nous pensons qu'il s'agit de deux ferments distincts, parce que dans le mélange les proportions d'acides malique et fumarique peuvent atteindre un point d'équilibre final très différent suivant la manière dont on prépare les ferments. Ainsi si l'on prépare un extrait musculaire bien limpide, débarrassé de nucléoprotéides par un traitement à l'acide acétique dilué, l'acide fumarique est transformé à peu près complètement en acide malique. Par contre le muscle broyé, lavé à l'eau à plusieurs reprises de manière à obtenir un résidu incolore, perd presque complètement le pouvoir de transformer l'acide fumarique en acide malique, mais transforme énergiquement l'acide malique en acide fumarique. Toutefois nous ne voulons pas affirmer d'une manière définitive qu'il s'agisse de deux ferments distincts.

On pourrait aussi discuter si le rôle de la fumarase (ou des deux ferments distincts) est bien celui d'agir dans l'organisme sur les acides fumarique et malique, ou bien si ces ferments peuvent provoquer d'autres réactions d'hydratation et de déshydratation. Quoi qu'il en soit, nous avons là un ou deux ferments

endocellulaires qui accomplissent avec une grande énergie des réactions d'hydratation simple sans scission de la molécule, et de déshydratation simple sans condensation. Ces ferments présentent en outre l'avantage de pouvoir être démontrés dans les tissus animaux avec la plus grande facilité.

Quant à l'oxydation de l'acide succinique par la succinicoxydone, nous devons admettre que le premier produit d'oxydation est l'acide malique. En effet, le résidu musculaire bien lavé à l'eau ne possède presque pas le pouvoir de transformer l'acide fumarique en acide malique, comme nous l'avons dit. Or après l'oxydation de l'acide succinique par le résidu musculaire, on trouve dans le mélange beaucoup plus d'acide malique que d'acide fumarique (75 % d'acide malique et 25 % d'acide fumarique par exemple). L'acide fumarique provient donc, comme il est aisé de comprendre, de la déshydratation consécutive de l'acide malique formé.

B.-P.-G. Hochreutiner. — *Sur les relations de parenté des Guttifères avec d'autres familles végétales.*

En étudiant la famille des Guttifères, nous avons été frappé par la concrescence des étamines entre elles et avec la base des pétales chez beaucoup d'Hypéricinées comme aussi chez les Guttifères proprement dites. Chez plusieurs *Hypericum,* chez les *Garcinia* du groupe *Terpnophyllum* Tr. et Pl., classés par Vesque dans la section *Mangostana,* et chez notre *Garcinia Chevalierana* Hochr., appartenant pourtant à la section *Rheediopsis,* la disposition des étamines et des pétales est identique à ce qu'on trouverait chez une Malvacée si l'on fendait son tube staminal jusqu'à la base par cinq entailles symétriques. On peut même dire que chez les *Symphonia* la disposition est identique et que seuls les caractères végétatifs et la présence d'un disque entre le tube staminal et la corolle ont pu induire les botanistes à ne pas classer ce genre parmi les Malvacées.

Ces considérations nous ont amené à faire des comparaisons plus étendues entre les Guttifères et les *Malvales* ou plutôt les Columnifères[1] en général.

[1] Le nom correct qui nous paraît devoir être appliqué à cet ordre est *Columniferae* L. (1764) de préférence à *Malvales* Lindl. (1833) qui est

1° Les 3-5 faisceaux d'étamines des Guttifères ont leurs homologues dans les 5 groupes staminaux épipétales des *Tilia,* dans les 5 étamines épipétales des Sterculiacées et dans les 5 lobes qu'on peut observer au sommet du tube staminal d'un grand nombre de Malvacées[1]. Ces lobes qui peuvent être assimilés à des faisceaux staminaux incomplètement séparés sont, comme chez les Guttifères, opposés aux pétales. Lorsque, comme chez les *Malope,* le tube staminal des Malvacées, prolongé au-delà de la région staminifère, présente 5 dents *opposées au calice,* on peut y voir — comme chez les Sterculiacées, et avec raison, croyons-nous[2] — 5 staminodes. Ces pièces correspondraient exactement aux corpuscules hypogynes étudiés par nous chez un grand nombre d'Hypéricinées, corpuscules qu'on peut voir indiqués aussi par les lobes du disque chez un grand nombre de *Garcinia,* chez quelques Clusiées et chez les *Montrouziera.*

2° Mais il y a plus : nous avons été très frappé de la ressemblance des appendices, probablement nectarifères, de la base des pétales chez certains *Hypericum* (sect. *Triadenia*, *Adenotrias*, *Elodes*) avec les glandes nectariennes des pétales de *Grewia* (Tiliacées). Il y a là une identité morphologique presque complète, quoique nous ne soyons pas en mesure d'affirmer que la fonction physiologique soit la même. On peut rappeler également ici l'analogie entre cette structure et les pétales plus compliqués des *Buettneria* (Sterculiacées).

3° La tendance manifeste chez les Malvacées de former un involucre peut aussi être invoquée, car on en retrouve la trace dans la multiplication des verticilles de l'enveloppe florale chez les Guttifères. L'augmentation du nombre des pièces spiralées

postérieur. La terminaison « ales » n'est en effet pas obligatoire d'après les *Règl. nom. bot.*, Recomm. III.

[1] Lobes qui sont tantôt nus, tantôt staminifères.

[2] Si toutefois quelqu'un doutait encore de cette interprétation de Payer et de Duchartre, comme le fait Schumann (*Neue Untersuchungen über den Blüthenanschluss*, p. 280, Berlin, 1890), qui est beaucoup plus affirmatif dans sa monographie (in Engler et Prantl. *Nat. Pflanzenfam.* III, 6, p. 31, 1893), ou bien était tenté de ne pas conclure, comme le fait Eichler (*Blüthendiagramme*, II, 280), il nous semble cependant que les homologies que l'on rencontre chez les Tiliacées et chez les Sterculiacées ne sauraient lui laisser aucun doute.

chez les Théacées et chez les *Ternstrœmia,* constitue à cet égard un exemple bien typique.

4° On sait également que le caractère essentiel des *Parietales,* parmi lesquelles ENGLER range les Guttifères, est d'avoir une placentation pariétale. Or, le fait que la placentation est pariétale chez un petit nombre d'espèces du genre *Hypericum,* comme dans le genre monotype *Allenblackia,* ne doit pas faire oublier que la règle générale, chez les Guttifères, est la placentation axile ou centrale. On peut en dire autant et avec plus de raison encore des familles voisines, les Théacées et les Diptérocarpacées. Il semble donc qu'il y ait, à ce point de vue, une incompatibilité presque complète entre les *Parietales* et les Guttifères.

5° Enfin, si l'on veut établir — comme l'a fait déjà HALLIER[1] — un parallèle entre la sécrétion de mucilage chez les Malvacées et les Tiliacées d'une part et, d'autre part, la présence d'huiles essentielles, de gommes et de résines chez les Guttifères, de résine et de mucilage chez les Diptérocarpacées et de mucilage chez les Théacées, on pourra constater une certaine analogie dans les caractères anatomiques entre ces deux groupes de familles. Cette analogie se poursuit dans l'apparence semblable du liber secondaire formé de couches concentriques fibreuses interrompues par des coins de parenchyme chez les Diptérocarpacées comme chez les *Tilia ;* cette analogie se vérifie enfin pour les scléroïdes des Théacées et les cellules appelées idioblastes par ENGLER chez les Scytopétalacées[2], idioblastes qui

[1] HALLIER. *Verwandtschaft. Verhältn. der Tubifloren,* etc. Hambourg, 1901, p. 38, rapproche aussi avec raison les Guttifères et les Théacées des Columnifères, mais il les maintient dans des séries distinctes. Il ajoute aussi une certaine importance à la forme columnaire du style chez les Tiliacées et les Kielmeyerées (Guttif.).

[2] Il semble bien qu'ENGLER ait vu juste en rattachant cette famille aux *Malvales,* à cause de la structure particulière de son calice, argument que VAN TIEGHEM (in Ann. Sc. nat. 1905, Sér. IX, I, 388) a renforcé en montrant la stratification du liber secondaire caractéristique également pour les Malvacées. Nous ajoutons à cela aussi la concrescence des étamines à leur base. Elles forment là un tube très court qu'ENGLER appelle un disque, mais auquel des recherches subséquentes de VAN TIEGHEM semblent attribuer une origine staminale. Cet auteur montre même (l. c., p. 338) qu'à l'origine, ce tube staminal est concrescent pendant un certain temps avec les *primordia* de la corolle, comme cela s'observe aussi pour les étamines chez les Malvacées.

ne sont que des celllules scléreuses. On sait en effet que cette famille a été rangée avec raison parmi les Columnifères.

6° Et maintenant, nous voudrions invoquer, en faveur de la parenté de ces différentes familles, un argument d'ordre plus général: l'unité de plan dans l'organisation fondamentale des fleurs.

Cela nous amène à rappeler le principe sur lequel nous avons basé autrefois notre classification des Tiliacées[1]. Nous distinguions alors deux types : les fleurs à chambre nectarienne et celles qui en sont dépourvues. Etant donné l'organisation des premières, nous montrions que l'on trouve réalisées dans la nature toutes les situations possibles du nectaire dans la chambre nectarienne: contre le calice, contre les pétales, contre l'androgynophore, et ces diverses dispositions cadrent avec les affinités systématiques. Nous en avons conclu à l'importance que l'on pourrait attribuer avec avantage à l'appareil nectarifère.

Si nous appliquons ces notions à l'ensemble des familles considérées ; et en particulier aux Guttifères, nous pouvons noter que les modifications suivantes sont réalisées :

a) Lorsque le nectaire est à la base du calice, il y a deux dispositions possibles, pour favoriser les insectes butineurs. Ou bien il y a un androgynophore et alors il faudra que les pétales s'écartent le plus possible les uns des autres pour que la trompe de l'insecte puisse passer entre eux ; c'est le type réalisé par notre tribu des Brownlowiées[2]. Ou bien il n'y a pas d'androgynophore, juxtaposant les étamines et le pistil. La réunion de l'androcée et du gynécée, servant de point d'atterrissage aux insectes, sera alors réalisée par la soudure, en un long tube, des filets autour des styles. Nous aurons ainsi le type des Malvacées. Dans ces conditions, il importe que les staminodes, opposés aux sépales, ne gênent pas l'accès au nectar et, pour cela, on les voit se fusionner avec les faisceaux staminaux. Quant aux orifices, ménagés entre les bases des pétale chez les Mauves pour laisser passer la trompe des insectes, ils présentent toutes les formes possibles et les adaptations les plus singulières ; nous y reviendrons peut-être plus tard.

[1] Hochreutiner. *Notes sur les Tiliacées* in Ann. Cons. et Jard. botaniques Genève, XVIII-XIX, p. 68-81 (1914).

[2] L. c., p. 74 (7).

b) Lorsque le nectaire est à l'intérieur de la corolle, il y a aussi deux possibilités :

Ou bien, avec un androgynophore, nous verrons les nectaires se développer soit à la base des pétales, soit sur la paroi de l'androgynophore ; c'est ce que nous observons chez nos *Grewieae* et *Heliocarpeae.*

Ou bien, chez les Guttifères, l'androgynophore faisant défaut, il importe peu que les nectaires soient fixés à la base des pétales (*Hypericum* à pétales appendiculés) ou que des organes spéciaux sécrètent le nectar.

Lorsque ce sont les pétales qui portent les nectaires, nous avons vu dans une précédente note que les staminodes épisépales prennent la fonction de lodicules *(Hypericum),* ou bien, en l'absence des nectaires pétalins, les staminodes paraissent être nectarifères tout en conservant leur fonction lodiculaire *(Psorospermum),* ou bien enfin ils se spécialisent comme nectaires (quelques Clusiées, beaucoup de Garciniées et deux genres de Moronoboidées).

Tels sont les principaux types de fleurs à nectaires. Mais les fleurs dépourvues de chambre nectarienne, classées par nous parmi les Tilioidées, ont-elles leur homologue aussi chez les Guttifères ? Il semble que le paralléllisme ne soit pas contestable, car on peut distinguer également dans cette famille une série d'espèces à pollen, qui possèdent une corolle largement épanouie, de très nombreuses étamines et qui sont dépourvues de nectaires. Ce sont les Calophylloidées et la plupart des Clusioidées.

Conclusion : Il nous semble donc que le système de P. de Candolle, qui place les Guttifères dans le voisinage des Malvacées, est fort judicieux. Bentham et Hooker qui ont créé, à côté des *Malvales* une cohorte des *Guttiferales* sont dans le vrai, particulièrement en ce qui concerne les Guttifères, Théacées et Diptérocarpacées. On pourrait même unir ces deux cohortes sans inconvénients.

En revanche, le système d'Engler, qui réunit ce groupe de familles aux *Parietales,* paraît être un peu forcé. D'abord, mettons à part les Dilléniacées, Eucryphiacées, Caryocaracées et Quiinacées, qui ont une placentation axile, mais sur les affinités desquelles il serait trop long de discuter. Puis parmi les

autres — il y en a une vingtaine — constatons que, si, exceptionnellement, on y rencontre des étamines soudées, si même on observe parfois, comme chez certains *Cistus,* un arrangement des étamines en 5 ou 10 groupes, plus ou moins marqués, on y trouve toujours en revanche une placentation pariétale ; les groupes d'étamines, lorsqu'ils existent, ne sont pas obdiplostémones; enfin on n'y observe pas de ces organes remplaçant un verticille d'étamines, organes que nous avons appelés staminodes, glandes hypogynes, nectaires, lodicules, etc. Une exception doit être faite seulement, d'une part pour les Loasacées qui possèdent des staminodes épisépales, mais qui ont par contre une placentation pariétale et qui constituent un groupe d'affinités douteuses de l'avis de tous les botanistes, d'autre part pour les Flacourtiacées où l'on a réuni une série de plantes passablement hétérogènes. Les effigurations du disque jouent un rôle important, il est vrai, chez cette dernière famille, mais elles n'ont jamais la régularité des glandes des Guttifères. Il nous semble donc, qu'en tous cas, le groupe des *Parietales* d'ENGLER ne saurait être maintenu tel quel.

Séance du 3 juillet 1919.

Rapport de la commission de la carte du canton de Genève à l'échelle de 1 : 12500.

Au nom de la commission chargée d'étudier le projet de publication de cette carte, M. Joukowsky rend compte des démarches faites auprès d'un éditeur. Ce dernier prendra à sa charge tous les frais, si on peut lui assurer 200 souscriptions à l'ouvrage complet (16 feuilles de 64 cm × 48 cm).

La reproduction serait faite par la photolithographie, les courbes de niveau en noir, les eaux en bleu et tout le reste, constructions, routes, etc. en brun foncé. Les deux premières pierres (bleu et noir) donnent une image très expressive des formes du terrain, ainsi qu'en témoignent les essais communiqués par l'éditeur.

A la séance du 6 février 1919 il n'a été question que de la carte que possède le Département des Travaux publics. Cet

exemplaire, dont chaque feuille porte la signature du général Dufour, est une copie de l'original, propriété des Archives de l'Etat. Cet original est meilleur au point de vue de la perfection du dessin, sans parler de quelques erreurs qui se trouvent par-ci par-là dans la copie. Malheureusement, la feuille XI ayant disparu depuis fort longtemps et toutes les recherches ayant été vaines, la commission a dû se résoudre à la reconstituer d'après les documents que l'on possède. La tâche s'est trouvée facilitée grâce à l'obligeance de M. Blondel, qui a bien voulu prêter un calque d'une partie de cette feuille. Ce calque, dont l'auteur est inconnu, semble bien avoir été exécuté sur l'original, à en juger par le style du dessin et par de petites divergences avec la copie, dans des détails. Pour le reste, quelques levés sommaires sont rendus nécessaires par l'état d'usure d'une part, et d'autre part à cause des erreurs qui se sont accumulées à force de repasser les courbes plusieurs fois effacées depuis plus d'un demi siècle.

Supplément aux Archives des Sciences physiques et naturelles
1919

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

Vol. 36, N° 3. 1919 Août-Décembre

Séance du 4 septembre 1919.

Léon-W. Collet et Max Reinhard. — *Sur l'existence d'une lame de cristallin dans le sédimentaire de la Jungfrau.*

La coupe géologique de la Jungfrau, donnée par Baltzer[1] en 1880, étudiée à la lumière de la tectonique moderne étonnait par sa formidable épaisseur de Malm normal entre le fond de la vallée de Lauterbrunnen et le Schwarz Mönch.

En 1911 H. Seeber[2] donnait, entr'autres, un nouveau profil de la Jungfrau, malheureusement impossible à retrouver sur le terrain.

A la suite d'études faites en 1918 et 1919, MM. Collet et Reinhard ont découvert les éléments tectoniques suivants, dans le sédimentaire de la Jungfrau, faciles à contrôler sur le sentier qui de Stechelberg conduit à la cabane du Rottal et de cette dernière à l'arête par laquelle se fait l'ascension de la Jungfrau :

[1] *Der mechanische Contact von Gneiss und Kalk im Berner Oberland.* Beiträge z. Geol. Karte d. Schweiz., XX. Lief., Atlas, Taf. III, fig. 4.

[2] *Beiträge zur Geologie der Faulhorngruppe (westlicher Teil) und der Männlichengruppe.* Inaugural Dissertation. Universität Bern, 1911.

1° En discordance sur le cristallin de Gastern, une série autochtone plissée, allant du Trias au Malm, chevauchée à la base de la Bärenfluh par :

2° Une série normale commençant par des calcaires dolomitiques du Trias et s'étendant jusqu'au Malm, qui forme la paroi de la Bärenfluh.

3° Un anticlinal couché de cristallin de Gastern, indiqué dans le profil de BALTZER, comme séparant le synclinal inférieur du supérieur. Cet anticlinal possède au-dessus de la Bärenfluh un flanc renversé étiré de sédimentaire et, au-dessus de la Cabane du Rottal, un flanc normal sédimentaire d'une épaisseur de 10 à 15 m, allant du Trias à la base de l'oolithe ferrugineuse du Callovien. Ce sédimentaire normal est chevauché par :

4° *Une lame de gneiss mylonitisés,* d'une épaisseur maximum de 6 m, qui a entraîné sous elle de minces lentilles de calcaires dolomitiques du Trias. Sur la lame de mylonites se trouvent des schistes et des calcaires intensément dynamométamorphisés, appartenant à l'Oxfordien et au Malm. La lame de mylonites entoure l'anticlinal couché de cristallin, cité sous 3. Elle ne tarde pas à disparaître complètement par laminage, en sorte que le Malm qu'elle supporte vient en contact, vers le NNW, avec le Malm de la Bärenfluh. Ce contact mécanique est très visible au pied de la paroi qui domine le sentier conduisant de la Kalte Brunnen au Schwarz Mönch. On trouve même en un point des quartzites du Trias intensément laminés entre les deux Malm.

MM. COLLET et REINHARD envisagent le premier chevauchement de la base de la Jungfrau, décrit sous 2, comme un décollement de l'autochtone produit par l'avancée de l'anticlinal couché de cristallin, elle-même causée par le déferlement de la nappe à mylonites.

En suivant l'arête de Malm, de la nappe de mylonites, qui domine la cabane du Rottal et qui conduit à l'endroit où commence la vraie grimpée de rochers raides de la Jungfrau, MM. COLLET et REINHARD ont trouvé :

5° et 6° *deux autres plans de chevauchement* marqués par des quartzites du Trias reposant sur du Malm et supportant le même terrain. Ces plans de chevauchement se poursuivent dans

le grand couloir descendant de la Silberlücke, où des paquets de calcaires dolomitiques du Trias sont facilement reconnaissables à la lunette. Plus au NNW, les contacts de ces deuxième et troisième chevauchement se font, comme pour le premier (nappe à mylonites), par Malm sur Malm.

Les chevauchements constatés expliquent donc la grande épaisseur de Malm entre le fond de la vallée de Lauterbrunnen et le Schwarz Mönch.

Les auteurs se bornent, pour le moment, à signaler ces faits se réservant de conclure une fois leur étude terminée.

Séance du 2 octobre 1919.

Léon W. Collet, Max Reinhard et Ed. Paréjas. — *La géologie de la Jungfrau.*

Après avoir découvert l'existence d'une lame de cristallin dans le sédimentaire de la Jungfrau, versant du Rottal, les auteurs ont étudié les régions élevées de la Jungfrau et du Mönch.

Le « coin » supérieur du sédimentaire affleure au Jungfraujoch (3470 m) et, par relèvement d'axe au NE, au Mönchjoch supérieur (3618 m). On trouve au Jungfraujoch, de bas en haut, en *contact mécanique* sur le cristallin de Gastern, les éléments tectoniques suivants :

1° des calcaires plaquetés, noirs, à veines de calcite supportant une couche fortement minéralisée, représentant l'oolithe ferrugineuse. Sur cette série intensément laminée (1-3 m) reposent :

2° du Trias et du Malm (2-3 m), supportant :

3° *une lame de gneiss mylonitisés* de 0,20 m d'épaisseur, disparaissant souvent par étirement, et environ 2 m de calcaires noirs du Jurassique. Sur cette troisième série, on trouve :

4° *Une deuxième lame étirée, plissée et faillée, de gneiss mylonitisés* (1-2 m) qui supportent environ 20 m. de calcaires noirs du Jurassique.

Le cristallin qui forme le sommet de la Jungfrau, tout comme celui du Mönch, chevauche cette dernière série. Ce cristallin appartient, sans aucun doute, au massif de l'Aar.

Au Mönchjoch, la bande de sédimentaire, bien que plus épaisse, contient les mêmes éléments tectoniques qu'au Jungfraujoch.

Ces observations, complétant celles faites par les auteurs au Rottal, ces derniers arrivent aux conclusions suivantes:

1. Le cristallin (gneiss granitiques) du massif de l'Aar chevauche celui du massif de Gastern à la Jungfrau et au Mönch.

2. Ce chevauchement, dû lui-même au déferlement de nappes supérieures, a poussé devant lui et entraîné sous lui l'autochtone sédimentaire qui s'est empilé, non sans avoir auparavant arraché des lames au cristallin sous-jacent. Ce dernier, bien que le plus ancien — c'est le massif de Gastern — n'a pu résister à cette poussée formidable et il s'est couché en deux anticlinaux, dans la partie supérieure.

3. Les écailles de sédimentaire, avec leur cristallin, prises entre le cristallin chevauchant de l'Aar et les anticlinaux couchés de celui de Gastern, ont été puissamment et inégalement laminées, tandis que de fortes épaisseurs de Malm s'accumulaient, en écailles ou en plis, sur la pente Nord du massif de Gastern.

Séance du 6 novembre 1919.

L. Stern et Rd. Gautier. — *Rapports entre les liquides céphalo-rachidien, sous-arachnoïdien et ventriculaire.*

Dans des communications précédentes nous avons cherché à démontrer : 1° que seules les substances qui après injection dans la circulation générale se retrouvent dans le liquide céphalo-rachidien produisent des effets directs sur les centres nerveux: 2° que tout excitant chimique injecté dans le liquide céphalo-rachidien produit plus ou moins rapidement des effets sur les centres nerveux. Nous avions compris sous le nom de liquide céphalo-rachidien la totalité du liquide remplissant les espaces sous-arachnoïdiens, les gaines périvasculaires, les espaces périganglionnaires et les ventricules cérébraux et spinaux.

L'identité de ces divers liquides ou plutôt la communication entre les divers espaces les contenant, est encore discutée ; certains auteurs considèrent ces différents liquides comme des for-

mations distinctes tant au point de vue de leur origine qu'au point de vue de leur constitution et n'admettent pas de communication entre les divers espaces; d'autres au contraire affirment l'unité de ces liquides; les uns et les autres se basent surtout sur des constatations d'ordre anatomique ou anatomo-pathologique.

Il nous a paru intéressant de soumettre ce point litigieux à une analyse physiologique consistant en l'étude comparative des effets produits par l'introduction de substances chimiques excitantes dans les divers espaces intracraniens: espaces sous-arachnoïdiens d'une part, espace ventriculaire de l'autre.

Les expériences sont faites sur les animaux de laboratoire: chiens, chats, lapins, cobayes. Les substances que nous avons injectées appartiennent à la catégorie des corps qui restent sans effet lorsqu'ils sont introduits dans la circulation, mais qui produisent une excitation énergique et générale lorsqu'ils sont appliqués directement sur les centres nerveux (par exemple le curare, le ferrocyanure de sodium, le bleu de méthylène, le violet de méthyle et autres colorants). Nous avons laissé de côté les substances dont l'injection intravasculaire provoque l'excitation des centres nerveux (comme par exemple la strychnine) pour éliminer une action possible par l'intermédiaire de la circulation sanguine, par suite de la pénétration de la substance dans le sang.

Les quantités de liquides injectées dans les espaces sous-arachnoïdiens ou dans les ventricules cérébraux varient entre 0,1 et 1,0 cm³. Dans la plupart des cas la dose injectée dans la cavité sous-arachnoïdienne était supérieure à celle injectée dans les ventricules, pour tenir compte de la dilution plus grande que doit subir la substance injectée dans l'espace sous-arachnoïdien. Les conditions expérimentales ont été maintenues identiques dans les deux séries d'expériences et les animaux à comparer étaient de la même taille et du même âge.

Le procédé opératoire est essentiellement le suivant: l'animal est anesthésié à l'éther; une petite couronne de trépan est appliquée sur la partie pariétale du crâne au niveau de la région rolandique. On attend que l'animal soit revenu de la narcose et du choc opératoire; puis on injecte la substance à examiner soit

sous la dure-mère soit dans le ventricule latéral, à l'aide d'une aiguille de Pravaz très fine. L'animal est immédiatement remis en liberté et l'on observe l'effet obtenu. Après la mort de l'animal on vérifie la distribution de la substance injectée, ce qui est facile dans le cas de substances colorantes ou de substances donnant des réactions de coloration avec certains réactifs, telles que le ferrocyanure de sodium qui, traité par le chlorure ferrique donne du bleu de Prusse.

Les résultats obtenus dans ces deux séries d'expériences sont les suivants : l'injection d'une substance excitante dans l'espace sous-arachnoïdien produit d'une manière générale les mêmes effets que l'injection de cette substance dans le ventricule latéral. Toutefois les phénomènes d'excitation se manifestent bien plus tardivement et sont moins intenses après injection dans l'espace sous-arachnoïdien qu'après injection dans le ventricule latéral. Pour produire une excitation d'intensité égale il faut injecter des doses plus fortes dans l'espace sous-arachnoïdien que dans l'espace ventriculaire. Quant à la distribution de la substance injectée on constate, dans les cas de substances pouvant être mises en évidence par leur coloration, que la coloration de la surface cérébrale et des parois ventriculaires est approximativement la même quel que soit le lieu d'introduction de la substance colorante. Il y a donc passage de la substance injectée des espaces sous-arachnoïdiens dans la cavité ventriculaire et vice-versa.

Nous voulons attirer l'attention d'une façon toute spéciale sur le fait suivant constaté au cours de ces recherches : l'injection de la substance excitante sous la dure-mère, injection qui met en contact l'excitant chimique avec une très large surface des hémisphères cérébraux, reste sans effet moteur ou autre pendant un temps plus ou moins long. Le temps latent varie considérablement suivant la taille de l'animal ou plutôt suivant la dimension du cerveau. Par contre l'injection excitante d'une dose identique dans les ventricules (ventricule latéral ou 4me ventricule) produit des phénomènes d'excitation immédiats, se manifestant souvent déjà au cours de l'injection. Comparée aux formations nerveuses qui se trouvent en rapport avec les ventricules, l'écorce cérébrale présente vis-à-vis des divers ex-

citants chimiques une inexcitabilité considérable sinon absolue.

Des résultats qui précèdent nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

1° Au point de vue de l'échange entre leurs contenus liquides, les espaces sous-arachnoïdiens et ventriculaires communiquent entre eux largement; le liquide qui les remplit possède par conséquent dans des conditions normales une constitution identique.

2° L'action excitante des substances chimiques introduites dans le liquide céphalo-rachidien ne s'exerce pas primairement sur la surface de l'écorce cérébrale.

3° La pénétration de la substance excitante dans les ventricules cérébraux est une condition essentielle d'une excitation générale.

J. Briquet. — *La structure foliaire des Hypericum à feuilles scléromarginées.*

Chez quelques espèces du genre *Hypericum*, les feuilles possèdent une marge épaissie au point de présenter l'apparence d'une nervure marginale. Lorsque les extrémités des nervures latérales aboutissent en partie dans l'épaississement marginal, ce qui est le cas chez l'*H. connatum*, on peut même se demander si le système libéro-ligneux n'entre pas dans la composition de la ceinture marginale. Pour être au clair sur ce point, nous avons étudié la structure de trois espèces à feuilles scléromarginées, lesquelles présentent d'ailleurs plusieurs particularités intéressantes au point de vue écologique[1].

Hypericum pimelaeoides Pl. et Lind. — Les feuilles serrées. redressées contre les rameaux, dures, sont ovées-lancéolées, brièvement acuminées au sommet, rétrécies au-dessus de la base, ce qui détermine la présence d'une sorte de pétiole ailé

[1] La bibliographie anatomique des *Hypericum* ne fournit, à notre connaissance, pas de renseignements sur cette question. Les trois espèces étudiées ici ne sont mentionnées ni par Kexel (*Anatomie der Laubblätter und Stengel der Hypericaceae und Cratoxyleae*, etc. Erlangen 1896), ni par Weill (*Recherches anatomiques sur la famille des Hypericacées*, Paris 1903).

très court. La nervation est pennée, mais les nervures latérales sont insérées dans la moitié inférieure de la feuille, et se détachent sous un angle très aigu, ce qui rend le limbe pseudo-parallélinervié; les nervures sont un peu enfoncées dans la page supérieure, non ou à peine saillantes à la page inférieure; il existe un épaississement marginal très net, surtout sur le sec. La glaucescence des feuilles est due à la production de cire crustacée en petite quantité à la surface des parois externes des cellules épidermiques. Ces parois externes sont fortement épaissies, fortement cuticularisées et constituent la cuirasse donnant au limbe sa rigidité. Les éléments épidermiques sont plus volumineux à la page inférieure qu'à la page supérieure (intérieure, vu le redressement des feuilles); ceux de la page inférieure sont aussi plus irréguliers et plus bombés extérieurement. Les stomates existent sur les deux pages; ils sont plus petits que les cellules épidermiques, et sur la page inférieure ils sont insérés au niveau interne de ces dernières, logés par conséquent dans un enfoncement. Le mésophylle a une tendance à la disposition centrique. Le chlorenchyme est épais de plusieurs assises, à éléments serrés; l'assise hypodermique possède des caractères faiblement palissadiques, plus marqués du côté supérieur que du côté inférieur. Les nervilles anastomotiques circulent dans la région moyenne du mésophylle, à éléments plus lâches : il y a ainsi différenciation de deux couches de chlorenchyme plus ou moins distinctes qui toutes deux renferment des poches sécrétrices subsphériques. Les petits faisceaux libéro-ligneux sont complètement immergés dans le chlorenchyme. En revanche dans la nervure médiane et les grosses nervures latérales, les faisceaux sont séparés des deux épidermes par une lame de collenchyme. Le xylème et le phloème sont d'ailleurs très réduits; il n'y a pas de stéréome péricyclique. Le chlorenchyme remplit entièrement la marge. L'épaississement de cette dernière est uniquement dû au fait que les cellules épidermiques y sont plus volumineuses et à parois extérieures plus fortement épaissies.

Hypericum cordiforme St-Nil. — Dans cette espèce, les feuilles sont ovées, cordiformes, apiculées ou très brièvement rétrécies au sommet, dures, petites et ne dépassant pas la longueur des entrenœuds, à marges nettement épaissies, surtout sur le sec. La

nervure médiane est seule saillante à la page inférieure, correspondant à un faible sillon à la page supérieure ; les nervures latérales et les nervilles sont complètement immergées. L'épiderme supérieur ne se distingue de l'inférieur que par des cellules plus volumineuses; dans l'un comme dans l'autre, les parois externes sont très fortement épaissies, à région périphérique abondamment cuticularisée. Les stomates sont localisés dans l'épiderme inférieur: petits et insérés au niveau interne de l'épiderme, ils communiquent avec l'extérieur par l'intermédiaire d'une chambre eisodiale. Le mésophylle est différencié en deux zones d'épaisseur à peu près égale. La zone supérieure est formée par une rangée de hautes palissades; l'inférieure est constituée par du chlorenchyme spongieux. Les nervilles circulent entre ces deux zones chlorenchymateuses; les poches sécrétrices sont distribuées irrégulièrement, mais abondamment dans l'une comme dans l'autre; leur contenu est de couleur foncée. La nervure médiane présente une organisation très semblable à celle de l'*H. pimelaeoides*: un faisceau libéro-ligneux assez grêle, élargi, dépourvu de stéréome péricyclique, situé entre deux lames de collenchyme, ce dernier tissu à éléments macrocytiques ; les autres nervures sont immergées dans le chlorenchyme. La structure de la marge reproduit, en les exagérant, les caractères décrits pour l'espèce précédente. En section transversale, le limbe se montre épaissi et arrondi en massue marginale; les cellules épidermiques y sont notablement plus volumineuses, à parois externes encore plus épaissies. Le chlorenchyme remplit entièrement la ceinture marginale, mais les deux zones palissadique et spongieuse y sont amincies.

Hypericum connatum Lamk. — Le port de cette espèce rappelle beaucoup celui de la précédente, surtout dans les petites formes, mais elle en diffère fondamentalement, non pas seulement par l'organisation de la fleur, mais encore par le fait que les feuilles d'une même paire sont connées à la base sur toute ou partie de leur largeur. Les nervures, disposées selon le type penné, sont plus ou moins saillantes à la page inférieure, correspondant à de faibles sillons à la page supérieure. Les marges sont pourvues d'une ceinture d'épaississement très accentuée et se détachant nettement quand elle est colorée en brun sur

le fond glauque de la page inférieure (dans la var. *paraguariensis* Briq.). L'épiderme supérieur comporte des cellules assez larges, dont le lumen est très réduit par l'énorme développement de la paroi extérieure, à région externe fortement cuticularisée ; le suc cellulaire renferme une matière colorante brune (tanin ?) l'épiderme inférieur est à peine différent, mais dissociant à l'extérieur un dépôt cireux-crustacé (ce dernier spécialement développé dans la variété *paraguariensis*). Les stomates, plus grands que dans l'espèce précédente, sont un peu enfoncés au-dessous du niveau extérieur de l'épiderme. Le mésophylle est, ici aussi, différencié en une couche supérieure de hautes et volumineuses palissades et une couche inférieure (souvent moins épaisse que l'assise palissadique) de chlorenchyme spongieux pourvu de vastes méats aérifères ; les nervilles circulent entre les deux couches de chlorenchyme ; les poches sécrétrices, à contenu foncé, sont plus ou moins abondantes suivant les formes de l'*H. connatum* considérées et sont présentes dans l'une comme dans l'autre des couches de chlorenchyme. La nervure médiane est bien plus développée que dans les espèces précédentes et fait fortement saillie à la page inférieure. Le faisceau libéro-ligneux en est volumineux : la région endoxylaire du bois repose dans un demi-étui d'éléments scléreux lignifiés ; le liber est entouré d'un arc de stéréides péricycliques. En outre, il y a deux lames épaisses de collenchyme à gros éléments intercalées entre les épidermes et les tissus scléreux susmentionnés. Les nervures latérales ont une organisation analogue, mais plus réduite : ce n'est que dans les nervilles plus faibles que l'on voit disparaître les éléments scléreux et le collenchyme céder la place au parenchyme chlorophyllien. Les marges ont une structure très intéressante : le limbe se rétrécit avant de s'épaissir en cordon et ce dernier présente en section transversale l'apparence d'un fer de lance. L'épiderme n'est pas très sensiblement plus épais dans cette région. Par contre, le chlorenchyme y est remplacé par un épais massif de collenchyme, dont les éléments renferment souvent la même matière colorante brune signalée plus haut dans l'épiderme.

Cette étude sommaire permet d'affirmer que le système libéro-ligneux n'entre pour rien dans la constitution de la ceinture

des feuilles scléromarginées dans le genre *Hypericum*. Cette ceinture résulte, tantôt *d'un développement exagéré de la cuirasse épidermique renfermant du chlorenchyme,* tantôt *de l'apparition d'un massif de collenchyme* qui remplit le cordon à l'intérieur de l'épiderme. Dans un cas comme dans l'autre, la ceinture marginale a pour fonction de permettre à la feuille de conserver sa forme pendant les périodes de sécheresse où la transpiration est intense et de résister aux déchirures. Les dispositifs décrits cadrent bien avec les autres caractères épharmoniques que nous avons signalés (épiderme, stomates, dépôts cireux, etc.) et leur présence s'explique par l'écologie de ces plantes. Les *H. connatum* et *H. cordiforme* sont en effet des espèces caractéristiques des « campos » secs du Brésil méridional ou du Paraguay. Il est vrai que l'*H. pimelaeoides* végète dans les « paramos » de la Colombie à des altitudes qui oscillent autour de 3000 mètres. Mais on sait par les classiques recherches de M. Goebel[1] que les végétaux caractéristiques de ces régions présentent de nombreux et remarquables dispositifs tendant à diminuer la transpiration, dispositifs motivés par la fréquence des vents violents et la basse température de l'eau du sol. Au surplus, l'*H. pimelaeoides* s'écarte des deux autres espèces par la tendance à la structure centrique du mésophylle et ses affinités le rapprochent des *Hypericum* andins éricoïdes, dont l'étude a été abordée par M. Goebel[2], mais qui sont loin d'être encore suffisamment connues.

Séance du 20 novembre 1919.

Ed. Paréjas. — *La formation des continents et des océans d'après la théorie de Wegener.*

M. Paréjas donne un exposé de l'hypothèse de Wegener sur la formation des continents actuels et des fosses océaniques par disjonction de masses continentales anciennes. Plusieurs argu-

[1] Goebel, K. Die Vegetation der venezolanischen Paramos. *Pflanzenbiologische Schilderungen*, II, p. 1-50 (1891).
[2] Goebel, K. Op. cit., p. 31.

ments d'ordre tectonique militent en faveur de cette hypothèse; entre autres, l'orientation de certains plissements sur la côte orientale du continent sud-américain d'une part, et d'autre part sur la côte occidentale de l'Afrique. Ces zones plissées se retrouvent en continuité si l'on suppose rapprochées les deux masses continentales. Il en est de même pour la répartition de certains faciès du carbonifère et du crétacé sur le continent nord-américain et dans la partie occidentale de l'Europe. En outre, les données relatives à la répartition des faunes et des flores actuelles peuvent, sous certaines réserves quant à l'époque de la disjonction des masses continentales, s'accorder avec l'hypothèse de Wegener.

B.-P.-G. Hochreutiner. — *Le carpocratère, un nouvel organe du fruit des Malvacées.*

Lors de l'étude que nous avons faite récemment de plusieurs espèces nouvelles pour la science, rapportées autrefois de la République Argentine, par le prof. Wilczek, nous avons été amené à examiner de plus près les caractères génériques des *Cristaria.*

Tous n'étaient pas constants, en revanche nous avons été frappé par la présence d'un organe qui n'avait pas encore été signalé, mais qui se retrouve chez toutes les espèces de ce genre pour autant qu'elles nous furent accessibles.

Il s'agit d'une sorte de coupe qui se détache par exfoliation à la partie inférieure du fruit et dont la fonction biologique est évidente. Elle retient les carpelles, très fragiles, jusqu'à la maturité complète de ceux-ci et facilite leur dissémination. Le pédoncule est, en effet, accrescent; à la maturité il est dressé, oscille comme un ressort au moindre attouchement et projette au loin les méricarpes.

C'est un organe qui remplit la fonction des calices persistants chez d'autres plantes et dont l'existence avait passé inaperçue, parce qu'il se confond avec la partie inférieure du calice.

N'ayant pas trouvé qu'une organisation analogue ait été signalée où que ce soit ailleurs, nous proposons de lui donner le nom de *carpocratère.* Cet organe et son mode de formation

peuvent être mis en parallèle avec ce que nous avons déjà communiqué à la Société à propos des *Anoda* et de la facilité avec laquelle les différentes couches qui constituent la paroi du fruit peuvent se détacher les unes des autres chez les Malvacées.

Au point de vue de l'origine de cet organe, on peut le concevoir comme étant formé par une extension démesurée de la partie inférieure de la columelle du fruit à laquelle il reste attaché après la chute des méricarpes.

Au point de vue anatomique, on peut dire que cette exfoliation est préparée par la structure, puisque la paroi fibreuse du fruit est double jusqu'à la hauteur où s'étend le carpocratère. Au moment de la maturité, on voit celui-ci se détacher par une fente circulaire et se séparer peu à peu par un procédé identique à une déhiscence.

Une étude morphologique et anatomique détaillée et accompagnée de dessins paraîtra incessamment dans l'*Annuaire du Conservatoire du Jardin botanique* de Genève où la description des espèces nouvelles en question est aussi en voie de publication.

Séance du 4 décembre 1919.

R. Chodat. — *La panachure et les chimères dans le genre Funkia.*

Le genre Funkia dont on fait souvent une section d'Hémerocallis est représenté dans nos cultures par plusieurs plantes dont les feuilles nommées « variegata » présentent le caractère d'être panachées. Cette panachure des *Funkia* s'exprime par des bandes longitudinales vertes et blanches. J'ai examiné les espèces suivantes qui croissent dans mon jardin et quelques autres formes rencontrées chez les horticulteurs. La première, à fleurs blanches, est le *Funkia subcordata* Sprengl (forma *hortensis elatior* ex. Baker) et qui, à elle seule, constituerait selon Baker[1] la section Niobe (Salisb.) Baker.

[1] Baker. *A Revision of the Genera and Species of herbaceous capsular gamophyllous Liliaceæ,* Linn. Soc. Journ. Bot., XI, 1871, 366.

De cette espèce, je n'ai eu que des feuilles vertes, d'un vert gai très différent de celui des espèces suivantes.

La seconde espèce est le *F. Sieboldiana* Hook. à fleurs lilacines, à tube périgonéal étroit à la base et à bractée solitaire avec, de chaque côté, 12 à 13 nervures à la feuille et à limbe plus ou moins gris ou glauque.

J'ai de ce type deux variétés, l'une *variegata α albo-marginata*, l'autre *variegata β medio-variegata*, c'est-à-dire que chez la première forme la marge est plus ou moins profondément blanche, tandis que dans la seconde la teinte blanche s'étend à partir de la nervure médiane et gagne plus ou moins fortement les bords.

Enfin j'ai examiné aussi le *F. ovata* Spreng. sous la forme *medio-variegata.*

La dernière étudiée a des feuilles atténuées à la base et par la forme de ses feuilles comme par le nombre des nervures, elle paraît se rapporter à l'espèce nommée par Baker *F. lancifolia* Spreng, mais la nôtre est *medio-variegata.*

On a donc, des trois dernières espèces étudiées par moi, en plus de la forme normale *viridifolia,* deux variations qui sont le contraire l'une de l'autre. Il ne s'agit pas ici de ces cas de réversion dont parle Bateson[1] dans son récent article sur la panachure, car dans ses fusains et ses autres plantes il a observé que l'ordre de la panachure pouvait être accidentellement renversé. Ici toutes les feuilles sont du même type dans une même plante.

L'étude de la panachure a fait de sensibles progrès ces dernières années. Depuis Bauer on considère plusieurs de ces *varietates variegatæ* comme des chimères c'est-à-dire comme des êtres doubles et en particulier les *Evonymus* et les *Pelargonium* étudiés, comme des chimères périclinaires dont la « peau » est d'un type et le « cœur » d'un autre type.

Chez ces dernières plantes on a décrit, dans la forme *albo-marginata,* une assise sous-épidermique incolore constituant, avec l'épiderme, la peau blanche, qui devient plus épaisse vers les bords, où elle est exclusive, ce qui donne l'apparence « albo-marginata ».

Lorsque j'ai examiné les *Funkia* panachés, je me suis aperçu

[1] Bateson, W. *Studies in variegation I.* Journal of Genetics, VIII (1919) Tab. III et IV.

que chez aucun la couche sous-épidermique, l'hypoderme habituel incolore des *albo-marginatæ* n'existait au-dessus des régions vertes. Dès lors on pouvait se demander si réellement ces plantes panachées pouvaient être considérées, ainsi que leurs analogues, les *Evonymus* et les *Pelargonium,* comme des chimères périclinaires[1].

En partant de cette hypothèse je ne veux pas prétendre que la *théorie* des chimères de ce type soit définitivement assise, et ceci est utile à dire, car l'expérience seule le démontrera quand on les produira à volonté.

Mais en attendant on peut se servir de cette séduisante hypothèse pour analyser nos *Funkia.* On peut dès lors raisonner ainsi : Chez les Monocotylédones du type des *Funkia* l'épiderme est incolore ; il n'y a que les cellules de bordure qui présentent des plastides verts. C'est un objet de démonstration de chaque laboratoire. En effet, l'épiderme du *Funkia subcordata* est complètement incolore, sauf les deux cellules bordant l'ostiole, qui non seulement sont vertes mais produisent une quantité notable d'amidon.

Dès lors, si l'on part de l'hypothèse que les *Funkia* panachés sont des chimères, dans le cas des *albo-marginatæ,* un cœur vert dans une peau blanche, l'épiderme albinos ne doit pas contenir de plastides verts dans ses cellules de bordure. C'est ce que l'examen de l'épiderme de la face inférieure confirme. Que l'on détache l'épiderme au-dessus d'une zone marginale blanche ou au-dessus de la région qui avoisine la nervure médiane, le résultat est le même. Dans toute son étendue l'épiderme est absolument incolore!

Nous avons commencé par le *F. Sieboldiana* f. *albo-marginata* et nous l'avons comparé au *F. Sieboldiana* f. *medio-variegata.* Dans ce dernier le cœur et la presque totalité du pétiole sont blancs; la marge légèrement ailée de ce pétiole est verte. On peut donc supposer qu'ici l'épiderme incolore dans ses cellules protectrices sera vert dans ses cellules stomatiques. Ceci se confirme pleinement. Et nous avons examiné beaucoup de feuilles et dans toutes les régions. Les stomates sont franche-

[1] Bateson, l. c., fig. pg. 96.

ment verts, au-dessus des zones blanches comme au-dessus des zones vertes!

C'est ce qu'on observe aussi chez le *F. ovata f. medio-variegata* dont l'épiderme est vert, c'est-à-dire a des stomates verts même au-dessus des zones centrales blanches, et de même dans la variété analogue du *Funkia lancifolia,* tandis que dans le *F. lancifolia f. albo-marginata* l'épiderme, y compris les stomates, est absolument incolore. (Plante qui m'a été fournie par un aimable correspondant : M. Singalowski).

On sait que la structure du limbe dans les feuilles panachées varie selon les régions; il y a aussi une variation dans la structure de l'épiderme, quand même il faut le considérer comme appartenant à un système homologue dans toute son étendue.

Ainsi, dans le *F. Sieboldiana* Hook *medio-variegata,* pour une même surface, nous trouvons vers le milieu du limbe en moyenne 18,7 stomates sur les plages blanches, et 14,5 sur les vertes. Dans la forme correspondante, c'est-à-dire dans le *F. Sieboldiana f. albo-marginata,* pour la même surface la moyenne est plus faible, 12,3 stomates au-dessus des parties vertes et 11 au-dessus des zones marginales.

D'une manière générale, dans le *F. Sielboldiana f. medio-variegata* les stomates au-dessus des zones vertes sont plus gros, moins allongés qu'au-dessus des parties incolores. Cette différence se maintient dans la forme inverse à l'épiderme blanc.

Par conséquent l'examen de l'épiderme de ces plantes panachées parle en faveur de l'hypothèse d'une chimère : l'épiderme à stomates verts dans les formes *viridi-marginata,* à stomates incolores dans les formes *albo-marginata,* et ceci chez les trois formes inverses des 3 espèces étudiées.

Nous ne savons rien sur l'origine de ces *Funkia* panachés. Dans tous les cas, il ne peut s'agir d'hybrides de greffe du type des chimères de Winkler. La probabilité est qu'il s'agit d'hybrides.

Il est bien plus probable que ces chimères périclinaires[1] se forment par ségrégation végétative, dès la constitution de l'embryon. L'œuf fécondé, la zygote disjoindrait dès le début les

[1] Bauer. *Einführung in die experimentelle Vererbungslehre.* Berlin (1911).

caractères relatifs à la formation de la chlorophylle, et, dès lors, l'épiderme procédant d'une initiale dépourvue de facteur chromogène, aurait une autre constitution génétique que le reste des tissus sous-jacents. A ce point de vue ces *Funkia* seraient bien réellement des chimères[1] par disjonction, les unes à l'épiderme blanc, les autres à l'épiderme vert.

Il faut cependant remarquer que la constitution de marges plus ou moins étendues, tantôt blanches tantôt vertes, nous dit que dans le développement d'une feuille (développement pleuroplaste) une partie du mésophylle du limbe participe de la nature de l'épiderme, et c'est ce qu'il faudrait expliquer.

Séance du 18 Décembre 1919.

Albert BRUN. — *Les éruptions du Galoeng-Goeng en 1918 et du Kloet en 1919, d'après les documents hollandais.*

La question de la présence ou de l'absence de l'eau dans l'exhalaison volcanique est intimément liée à celle du climat.

Il a été démontré précédemment[2] que certains volcans ne peuvent pas exhaler d'eau parce qu'ils se trouvent dans une région où il ne pleut pas (Timantaya).

La puissance des fumerolles aqueuses, et le développement des geysers et sources chaudes suit une marche parallèle à celle de la chute de pluies annuelles. A Java où il tombe, dans la région montagneuse volcanique, de 4 à 5 mètres d'eau par an, les lacs cratériens prennent une grande importance. Pour certains volcans ces lacs sont la cause de « Lahars » chauds absolument dévastateurs.

L'éruption du Kloet les 20-21 mai 1919 en a donné un terrible exemple. Cette éruption a été étudiée par le Dr ESCHER, à Batavia.

Le lac cratérien du Kloet contenait environ, d'après COOL, 44 millions de mètres cubes d'eau de pluie. Le volcan se réchauffant, et poussant dans le lac ses gaz et ses lapillis brûlants, a porté l'eau à la température de l'ébullition.

[1] CHODAT. *Principes de Botanique* (1911), 784.

[2] A. BRUN. *Recherches sur l'exhalaison volcanique,* Genève 1911.

Puis brusquement les parois du cratère cédèrent en un point et une énorme avalanche d'eau bouillante, de blocs et de boue s'étendit au pied du volcan, couvrant un triangle de terrain qui mesure environ 30 kilomètres de longueur sur 20 à 25 de base. On estime à cinquante mille le nombre des victimes humaines dues à ce « Lahar ».

Un autre volcan en 1918 a fourni un phénomène analogue, mais sur une très petite échelle. Le petit lac cratérien du Goenoeng Galoeng Goeng a été vidé de même, et a été alors remplacé par une poussée de lave andésitique qui a formé saillie. La proportion des gaz magmatiques n'étant pas suffisante pour pulvériser le magma, et la température trop basse pour qu'il y ait eu coulée.

M. Brun rappelle qu'il a reproduit artificiellement ce phénomène. De plus il fait remarquer que ce genre de poussée de lave est très fréquent aux bouches éruptives qui entourent le Pico de Teyde. Il estime que, à Java, les conditions climatiques gênent beaucoup l'observation relative à ce phénomène qui doit y être aussi fréquent qu'aux Canaries.

M. Brun parle encore des *pseudo-éruptions*, ou Lahars froids qui descendent des volcans javanais. L'indigène attribue aux forces volcaniques tout ce qui descend d'un volcan ; mais bien souvent les phénomènes sont dus au simple fait que le volcan est une montagne peu solide, qui se comporte comme telle, sous l'intervention des forces internes.

Les Lahars du Smeroe (3671 m.), le 15 mai 1908 et en août 1909, sont le résultat de pluies formidables et brusques tombées sur la montagne. Le premier est descendu sur Djarit, le second sur Loemadjang. On a estimé qu'en août 1909 le Lahar avait été produit par une pluie de deux mètres d'eau en 48 heures. Ce chiffre n'est pas anormal quoique exceptionnel. A l'Ile Maiu il est tombé 64 centimètres en un jour d'après M. Forbes, assistant au musée d'Honolulu. Au Slamatt (Java) il est tombé 140 millimètres en trois quarts d'heure (communication de M. le Dr Reinhard).

Les observations hygrométriques de M. Brun, en 1908, au Smeroe, ont montré que, au niveau de la mer, la température de l'air étant de + 28°, le point de saturation était + 25° à l'altitude de 1000 à 1100 mètres, la température de l'air étant

+ 22°, le point de saturation était + 17°. Au sommet même du Smeroe, le 5 août 1908, la température étant 5°, le point de saturation était zéro. Ces chiffres montrent donc que les quantités d'eau contenues dans l'atmosphère sont très suffisantes pour expliquer ces chutes énormes, surtout si un courant horizontal un peu prolongé vient heurter une montagne de 3671 m. de hauteur, et ainsi abaisse assez sa température pour perdre presque toute son eau.

L. Duparc et M. Grosjean. — *Sur les gîtes aurifères du Callao (Venezuela).*

Les gisements aurifères du Callao sont célèbres, et peuvent compter parmi ceux qui ont livré le plus d'or à la circulation. Cependant ils sont fort mal connus au point de vue géologique. Grâce à un excellent matériel qui a été rapporté par M. M. Grosjean, et à de très nombreux documents que j'ai pu dépouiller, nous avons pu faire une étude assez complète de ces gisements. La note qui suit doit être considérée comme un aperçu préliminaire qui sera complété dans la suite.

Lorsqu'on se rend de l'Orénoque au Callao on peut relever le profil suivant :

1. De la rivière jusqu'à Corosito on croise des gneiss assez variés, plus ou moins riches en mica noir, qui forment la savane.

1. De Corosita à Upata on trouve des roches vertes, qualifiées dioritiques, dont nous n'avons pas encore fait l'étude. Celles-ci forment les collines boisées qu'on trouve dans la région.

3. D'Upata à Florida, affleurent des roches granitiques, feldspathiques, rougeâtres, ordinairement peu micacées, qui sont traversées par des filons de pegmatite.

4. De Florida à los Carretos réapparaissent des roches verdâtres, schisteuses, à faciès diabasique, qui forment également des collines.

5. De los Carretos à Guacipati les gneiss réapparaissent, et forment de nouveau savane.

6. De là à el Callao et plus au sud, affleurent sur une vaste étendue les roches vertes qui contiennent partout les veines

de quartz aurifère. Cette zone des roches vertes forme la zone aurifère par excellence.

On a beaucoup écrit sur la roche verte du Callao, mais nulle part il n'en est donné de description précise. On la considère comme éruptive dans sa totalité, et on la qualifie soit de diabase, soit de diorite, soit encore de porphyrite. Nous avons étudié au microscope une série d'échantillons soigneusement repérés sur les points les plus divers de la formation, et avons pu établir les types pétrographiques suivants, qui sont les plus fréquents.

1. *Une porphyrite andésitique* d'apparence aphyrique et aphanitique verte et très compacte. Sous le microscope cette roche montre une première consolidation formée par une hornblende abondante, et des plagioclases d'habitus microlitique, qui sont complètement décomposés et indéterminables. La hornblende est maclée selon $h^1 = (100)$, $\alpha = 18° - 19°$. $ng - np = 0{,}016$, ng = vert brunâtre, nm = verdâtre, np = brunâtre presque incolore. La hornblende est localement transformée en chlorite uniaxe. La pâte est grisâtre, formée par une masse kaolinique avec nombreux petits grains d'épidote, des filaments de hornblende, des lamelles de chlorite, des petits amas ferrugineux, des plages de calcite, et des nids de quartz secondaire.

2. *Une porphyrite aphyrique diabasoïde* vert foncé, aphanitique, qui ne présente pas de première consolidation apparente, mais des squelettes kaolinisés qui rappellent les contours des plagioclases et présentent encore quelques mâcles de l'albite. Toute la roche est formée par une masse kaolinique criblée de plages et de grains de leucoxène, de gros grains d'épidote, et de quartz secondaire.

3. *Une diabase* ou *un tuf de diabase* de couleur vert foncé, très finement grenue et ordinairement très pyriteuse. Elle contient des grains et plages de labrador très altéré, de nombreuses plages opaques de magnétite, beaucoup de leucoxène, des grains d'épidote et des plages de calcite, le tout disposé dans un véritable ciment formé par du kaolin mêlé à de la chlorite.

4. *Une porphyrite aphanitique aphyrique* de couleur vert clair, très compacte, qui ne renferme pas de première consolidation, mais qui est formée par une masse kaolinique criblée de

grains de magnétite, de petits grains d'épidote, de petites plages leucoxéniques et d'innombrables fibrilles d'amphibole incolore.

5. *Un gabbro-norite* à grain moyen et mésocrate, formé par des grands cristaux de pyroxène rhombique altéré, bastitisé, et en partie ouralitisé par une amphibole incolore. La roche renferme également un peu de pyroxène monoclinique. Ces cristaux sont dispersés dans une masse kaolinique opaque et grise qui provient de la complète décomposition des feldspaths.

6. *Un schiste calcareo-chloriteux* verdâtre d'aspect moucheté, plus ou moins grossièrement lité. Au microscope, la roche garde une structure parallèle manifeste : elle est formée par une association de calcite, de quartz grenu et de chlorite. Celle-ci forme des zones ou des rubans plus ou moins parallèles. La roche renferme çà et là quelques fragments allongés et ferrugineux qui paraissent être des débris d'une roche éruptive. Ce schiste est probablement un tuf métamorphosé. Le type décrit présente de nombreuses variétés qui se distinguent par l'abondance plus ou moins grande de la chlorite vis-à-vis de la calcite.

7. *Un schiste quartzito-chloriteux,* de couleur verte, d'apparence mouchetée, à cassure esquilleuse, nettement lité, formé par une association de grains de quartz moulés par de la calcite qui forment des zones parallèles qui alternent avec d'autres constituées seulement par de la calcite et d'épais rubans de chlorite.

8. *Une roche jaspoïde qualifiée de quartzite,* de couleur grise ou rougeâtre, jaspoïde, formée par de petits grains de quartz ponctués par de la magnétite. Dans cette masse on trouve quelques régions formées par une association de gros grains de quartz à extinctions onduleuses.

Certaines variétés sont exceptionnellement riches en grains ferrugineux qui sont groupés avec le quartz et simulent dans les groupements certains organismes microscopiques.

Il résulte de l'examen qui précède que la roche verte du Callao n'est pas une, mais présente au contraire des types fort différents rattachables les uns aux roches éruptives d'épanchement les autres aux roches métamorphiques d'origine sédimentaire ou tuffoïde.

Au Callao, comme il arrive souvent sous les tropiques, les

affleurements de roches dures sont rares ; les roches sont ordinairement décomposées plus ou moins profondément par les agents superficiels, et transformées en latérite. La latérite formée par la roche verte est dure, rougeâtre, et s'appelle *cascajo ;* elle passe graduellement à la roche en place par des transitions successives. Ce *cascajo* cesse ordinairement au niveau hydrostatique. Quand la roche verte qui lui donne naissance est pyriteuse, il prend un aspect ferrugineux et limonitique et s'appelle dans le pays *moco di hierro.* Dans le cascajo on trouve de nombreuses veinules de quartz carié et rougeâtre, puis des amas de quartz parfois volumineux et formant traînées, qui révèlent toujours un filon quartzeux voisin mais qui n'est pas ordinairement situé immédiatement au-dessous.

Les veines de quartz aurifère qui traversent la roche verte sont très nombreuses et mesurent de 0,30-3 m., ordinairement 0,80-1 m. Elles sont assez continues en direction, s'amincissent localement, se bifurquent ou se résolvent en lentilles et en veinules sur certains points. Elles descendent souvent assez profondément sans modifications apparentes dans leur aspect, parfois cependant à 60 m. de profondeur elles disparaissent déjà. La grande majorité de ces veines est orientée NE-SW, celle du vieux Callao est en moyenne NS, mais elle est courbe et disposée en forme de demi-tasse ; les plongements sont variables de la verticale à quelques degrés seulement. Près de la surface les veines de quartz sont encaissées dans le cascajo, plus bas dans la roche verte, et indifféremment dans les variétés compactes d'origine éruptive, comme dans celles litées détritiques et métamorphiques. On a beaucoup discuté sur le véritable caractère des veines de Callao ; pour les uns ce sont des filons sans relation avec l'orientation des formations, pour les autres ce sont des filons-couches. De fait les veines de quartz sont fréquemment contournées et non rectilignes ; puis dans certains cas on voit nettement que le toit qui surplombe la veine extraite est formé par une roche schisteuse dont les feuillets sont parallèles à la direction de la veine ; enfin, dans certaines variétés de cascajo qui montrent *in situ* que la roche verte primitive était nettement litée, les veines paraissent ordinairement parallèles à la direction des lits. Souvent les veines principales sont accompa-

gnées de veinules secondaires qui affectent ordinairement la disposition lenticulaire, et qui ne sont pas nécessairement parallèles au filon principal, mais souvent inclinées ou normales sur celui-ci, et distantes de lui de quelques centimètres à plusieurs mètres. Cette disposition est très fréquente par exemple à la mine du Tigre : ces lentilles étant ordinairement très riches en or y sont toujours exploitées et sont l'origine des excavations souvent assez considérables qu'on peut observer au toit comme au mur de la veine.

L'or se rencontre ordinairement déjà dans les latérites et la terre végétale, où les indigènes l'exploitent sous le nom de *oro de flor*. Puis on trouve aussi des gîtes parfois assez riches sous une faible couche d'argile et directement sur le cascajo, c'est ce qu'on nomme *oro de greda* qu'on recherche ordinairement par des puits peu profonds. La greda renferme souvent des cailloux anguleux de quartz qui sont fréquemment très aurifères. Cette greda est probablement un produit éluvial ; certains la considèrent comme un produit de concentration *in situ,* ce qui est peu vraisemblable. Parfois il existe dans la greda des bonanzas d'une richesse exceptionnelle qu'on appelle *pintas*. Ordinairement la zone latéritique qui avoisine les filons renferme de nombreuses veinules de quartz carié qui sont parfois très riches en or, surtout dans le voisinage des colonnes riches des filons sous-jacents ; l'or de ces formations s'appelle *oro de cantaras*.

Dans les filons proprement dits l'or est tantôt visible dans le quartz, et ceci immédiatement sous la zone du chapeau de fer, tantôt invisible. Dans le premier cas il y forme des masses irrégulières qui peuvent peser plusieurs onces, des veinules, des cocardes, ou des petites ponctuations ; il est alors fréquemment cristallisé. Le quartz est ordinairement, dans la zone où le filon est encastré dans le cascajo, plus ou moins caverneux, ocreux et coloré ; mais il peut aussi être parfaitement blanc. Cet or visible est particulièrement abondant dans certaines lentilles qui accompagnent le filon ; au Tigre notamment on a observé en certains endroits une véritable brèche d'or natif et de quartz. Là où l'or est invisible à l'œil nu, sa présence ne peut être révélée que par les essais ; on observe que dans les filons quartzeux de cette espèce les teneurs sont ordinairement plus faibles, mais plus régulières.

Souvent les filons présentent des colonnes riches; ce fut le cas notamment au vieux Callao où cette colonne mesurait 250 m. de longueur, 320 m. de profondeur suivant le pendage et 0,6-2 mètres d'épaisseur. Les teneurs étaient en moyenne de 4 onces à la tonne, mais s'élevaient à 10 onces en certains endroits, alors que les teneurs moyennes pour toutes les mines du Callao oscillent entre $^1/_4$ et 1 $^1/_2$ onces environ, pour la région exploitée des filons. Dès que les veines de quartz quittent le cascajo pour pénétrer dans la roche verte, on observe que le caractère du quartz change; il devient presque toujours pyriteux, et la pyrite est alors remarquablement fraîche. En même temps on constate une forte imprégnation pyriteuse de la roche verte aux salbandes; et cette imprégnation se poursuit souvent à une assez grande distance du filon. Des essais au creuset faits sur la roche verte ont montré qu'elle est alors aurifère et souvent à des teneurs presque aussi considérables que celles du quartz de la veine, et ceci sur une épaisseur notable. Dès que le quartz devient pyriteux, la proportion d'or amalgamable dans le quartz diminue considérablement; elle oscille ordinairement entre 20 et 86 $^0/_0$ suivant les cas. On a prétendu que les veines quartzeuses s'appauvrissent en profondeur. Ce n'est pas ce qui a été constaté au vieux Callao, par contre sur d'autres veines, au Caratal notamment, la chose paraît évidente. Ainsi sur cette mine, de 1893-1894, les teneurs étaient en moyenne de 20-30 gr., de 1894-1896 elles sont tombées à 12.44 gr. A ce moment le minerai était excessivement pyriteux et contenait 5 $^0/_0$ de pyrite qui, à l'analyse, renfermaient 8-10 onces d'or par tonne. Cet or était perdu, car au Caratal on ne cyanurait pas. Or en tenant compte de ces chiffres, la teneur du quartz tout-venant est remontée à 24-28 gr. par tonne; l'appauvrissement en profondeur n'est donc pas apparent.

La genèse des gîtes aurifères du Callao a fait l'objet de nombreuses discussions; on a ordinairement attribué la minéralisation à la roche verte qu'on considérait comme éruptive dans son ensemble, et l'or aurait été le résultat d'une sécrétion latérale. Ce qui a été dit des caractères de la roche verte est peu conforme à cette manière de voir; il paraît plus probable que celle-ci a simplement servi de fixateur à des émanations métalli-

fères, qui sont peut-être attribuables à des roches acides restées en profondeur.

P. Revilliod. — *L'état actuel de nos connaissances sur les Chiroptères fossiles (Note préliminaire).*

Les recherches sur les Chiroptères fossiles que j'ai poursuivies depuis ma dernière publication[1], ont amené la découverte d'un certain nombre de genres et d'espèces nouveaux, provenant de gisements divers.

Le nombre total actuel des espèces dénommées s'élève à 53 ; il faut encore ajouter une dizaine de débris d'os et de mâchoires représentant autant d'espèces différentes des précédentes, mais trop fragmentaires pour être désignés par un nom spécifique. De ces 53 formes, aucune ne se trouve dans le pliocène ; 10 espèces proviennent de gisements miocènes, dont 5 Vespertilionidés, 3 Rhinolophidés, 1 Mégadermidé, 1 Molossidé. Sur les 11 espèces des gisements stratifiés de l'oligocène, il y a 3 Vespertilionidés, 3 Rhinolophidés, 1 Phyllostomidé, 1 Mégachiroptère et deux espèces dont le genre est incertain. Le complexe des phosphorites du Quercy (Bartonien-Stampien) contient 10 Rhinolophidés, 4 Emballonuridés, 3 Mégadermidés, 1 Vespertilionidé et 2 représentants de la famille éteinte des Paleunyctéridés. La majorité des formes de l'époque éocène appartiennent à des familles éteintes, soit 2 Archaeonyctéridés, 2 Palaeochiroptérygidés, 2 Paleunyctéridés, 1 espèce d'un genre *Paradoxonycteris* qui fait probablement aussi partie d'une famille éteinte; il faut en outre compter 3 Rhinolophidés, 1 Phyllostomidé et 2 formes dont la détermination est douteuse, au total 13 espèces.

Il semble bien que la famille des Rhinolophidés ait atteint l'apogée de son développement pendant la longue période des dépôts du Quercy. Elle était alors représentée surtout par des genres éteints dont on trouve des restes en grand nombre : ce sont les genres *Pseudorhinolophus, Palaeophyllophora,* et un genre nouveau, *Paraphyllophora (P. robusta).* Le genre récent *Rhinolophus* fait son apparition à cette époque, mais n'a livré

[1] P. Revilliod. *Contribution à l'étude des Chiroptères des terrains tertiaires.* Ire partie, Mémoires Soc. paléont. suisse. Vol. 43, 1917.

que peu de documents, se rapportant à deux espèces *(Rh. priscus, Rh. pumilio).* Le genre *Pseudorhinolophus* est d'origine plus ancienne comme le prouve la présence d'une nouvelle espèce dans le sidérolithique d'Egerkingen *(Ps. egerkingensis).* Il est certain que la famille des Mégadermidés existait à l'époque du Quercy; la mandibule décrite sous le nom de Necromantis par WEITHOFER présente les caractères d'un Mégadermidé typique; la découverte d'un crâne pouvant lui être rapporté confirme cette manière de voir. Quelques fragments représentent deux autres espèces de ce genre.

La famille qui a fourni le plus de formes dans les phosphorites du Quercy, après les Rhinolophidés, est celle des Emballonuridés; ils se répartissent en 4 espèces du genre *Vespertiliavus.* De ces deux familles on ne connaît aucun vestige dans l'éocène stratifié.

C'est dans le Quercy que l'on trouve le représentant le plus ancien de la famille des Vespertilionidés. C'est un petit crâne que je nomme *Stehlinia gracilis,* assez semblable au crâne de petites espèces de *Myotis (M. cappacinii),* mais s'en distinguant par quelques caractères primitifs : crâne facial très allongé. série des prémolaires relativement très longue. P^3 à 2 racines.

La famille des Vespertilionidés n'a fourni de nombreux exemplaires que dans les dépôts miocènes de la Grive St-Alban, où l'on trouve des espèces pouvant être rapportées au genre récent *Myotis* et décrites par DEPÉRET et GAILLARD. Ce genre existait déjà dans la période stampienne comme je m'en suis convaincu en étudiant un très petit maxillaire provenant du calcaire d'eau douce de la Ravellen Fluh (Soleure); je le nomme *Myotis salodorensis.* De la taille du *Myotis mystacinus,* il s'en distingue par le canal infraorbitaire court et par les 2 P antérieures très petites repoussées en dedans du bord alvéolaire.

L'unique Chiroptère du pontien de Samos, représenté par un crâne signalé dans le catalogue de FORSYTH MAJOR, est aussi un Vespertilionidé; il ne possède qu'une incisive assez forte, caniniforme; la conformation de son crâne est en certains points semblable à celle du crâne du genre récent *Otonycteris* d'Egypte,

mais il est un peu plus petit. Je le nomme *Samonycteris majori.*

La famille des Molossidés semble avoir joué un rôle important à l'époque aquitanienne. Tandis qu'une seule mandibule de l'aquitanien de St-Gérand-le-Puy appartient au genre *Rhinolophus* (*Rh. lemanensis* n. sp.), les nombreux os que Filhol rapportait au genre *Palaeonycteris,* présentent les caractères les plus typiques d'un Molossidé dont je décrirai également le crâne sous le nom de *Nyctinomus stehlini.* Une espèce voisine se rencontre dans le vindobonien d'Anwil (Bâle Campagne) : c'est le *Nyctinomus helveticus.*

Le cachet très ancien qui distingue la faune éocène des faunes plus récentes est dû, soit à l'existence de familles inconnues dans les époques suivantes (Palaeochiroptérygidés, Archaeonyctéridés), soit à la présence d'espèces primitives de petite taille appartenant à des genres connus dans le Quercy, tels que *Pseudorhinolophus* (*Ps. egerkingensis* n. sp.) et *Paleunycteris,* genre nouveau caractérisé par une mandibule allongée pourvue de 3 prémolaires dont l'intermédiaire est la plus forte. Ce genre compte 2 espèces de très petite taille à Egerkingen et deux plus grandes dans le Quercy.

Un genre nouveau représenté par un maxillaire supérieur trouvé dans le sidérolithique du Mormont est caractérisé par ses molaires dont le protoconule et le métaconule sont très développés et par la prémolaire postérieure dont les arêtes de la pointe principale présentent des pointes secondaires ; la forme du maxillaire est cependant celle d'un Chiroptère (bord alvéolaire externe droit et faisant un angle droit avec le bord postérieur). Je nomme ce genre nouveau *Paradoxonycteris soricodon,* il est de la taille du *Pseudorhinolophus morloti.* Il est aussi probablement le représentant d'une famille éteinte.

L'origine de l'ordre des Chiroptères doit être très ancienne. Les molaires inférieures du genre *Archaeonycteris* caractérisées par leurs 6 pointes coniques groupées en un trigonide symétrique et un talonide médiocrement développé constituent le type primitif idéal d'où peuvent être dérivées les autres formes connues de molaires de Chiroptères. Les molaires des Insectivores de petite taille de l'éocène inférieur et du paléocène

sont déjà toutes engagées dans des directions évolutives diverses (talon réduit, métaconide très développé; zalambdodontes; talonide très large: Apaternyidés, etc.) et ne peuvent donc rentrer dans l'ascendance du type *Archaeonycteris*. Celui-ci peut être par contre dérivé du type des molaires des mammifères secondaires tels qu'*Amphitherium* du dogger de Stonesfield et *Peramus* du purbeckien, dont le trigonide est très semblable et le talonide encore peu développé.

J. Briquet. — *Les trichomes foliaires des Centaurées Phrygiées.*

Les poils et glandes foliaires [1] des Centaurées ont fait l'objet de diverses observations dans le livre que nous avons consacré en 1902 aux Centaurées des Alpes maritimes [2]. Une mise au point du genre *Centaurea* pour le volume VII de la *Flore des Alpes maritimes* de M. Emile Burnat nous oblige toutefois à revenir sur ce sujet avec quelque détail, en ce qui concerne les Centaurées Phrygiées, parce que la morphologie des poils [3] doit jouer un rôle plus important que nous ne le pensions autrefois dans la caractérisque des espèces et formes de ce groupe difficile.

Rappelons que les poils de ces Centaurées sont constitués par deux partiès distinctes : le *pied* et le *flagellum*. Le *pied* est formé de 2 à *n* cellules relativement courtes et larges, dont la basale subit parfois des divisions qui la transforment en socle; ces éléments conservent longtemps leur utricule protoplasmique et meurent de haut en bas. Le *flagellum* est constitué par la cellule terminale étroite, grêle, très allongée, souvent étirée en un fil ténu, recroquevillé ou entortillé. L'utricule protoplas-

[1] Les données fournies par l'étude des feuilles sont également applicables aux tiges.

[2] Briquet, J. *Monographie des Centaurées des Alpes maritimes*. Bâle et Genève, 1902. Matériaux pour servir à l'histoire de la flore des Alpes maritimes de E. Burnat. — Voy. le résumé donné p. 5-7.

[3] Les glandes existent, assez abondantes, sans présenter de différences notables, chez toutes les formes étudiées dans cet article, sauf chez le *C. procumbens* var. *typica*, où elles sont rares ou nulles. Nous n'avons rien de nouveau à dire à leur sujet.

mique meurt dès que le flagellum a atteint ses dimensions définitives : la cellule reste vide et aérifère. Le flagellum est le plus souvent précocement caduc, ce qui a fait qualifier les feuilles adultes de glabrescentes, brièvement velues, hirsutes ou rudes, selon les cas, termes qui n'expriment que l'apparence du stade ultime, sans traduire exactement les caractères morphologiques de l'indument. Au contraire, quand les flagellums persistent, en tout ou en partie, on obtient des feuilles tomenteuses, cotonneuses ou aranéeuses. On conçoit, dès lors, que la persistance plus ou moins prolongée des flagellums, combinée avec la densité plus ou moins grande des poils sur une surface donnée, aboutisse à la formation d'induments à caractères ambigus intermédiaires entre les extrêmes précités.

En 1902, nous n'avons pas parlé de la *genèse* de ces poils. Cependant, avant nous, M. W. Hirsch a montré[1] que, chez les *Centaurea,* le flagellum est la partie du poil qui se forme en premier lieu et que le pied se développe ensuite par divisions transversales successives dans un sens *basipétal.* Nous ne pouvons que confirmer entièrement ces conclusions, qui sont valables pour toutes les Centaurées étudiées ci-dessous. M. Hirsch a encore mentionné la formation de cloisons *intercalaires* dans certains éléments du pied. Nous avons aussi constaté çà et là ce phénomène, qui peut se produire accidentellement dans toutes les formes étudiées, mais il n'est pas constant. En revanche M. Hirsch ne dit rien du développement du socle. Les divisions qui se produisent dans la cellule basale du poil pour aboutir à la formation du socle sont parfois les dernières, mais plus souvent encore, surtout quand le socle est volumineux, ces divisions sont *contemporaines du processus de cloisonnement du pied,* lequel se localise, non pas dans la cellule basale *ultime,* mais dans la cellule basale *pénultième.*

Notre prédécesseur ne parle pas non plus du mécanisme de la chute du flagellum. D'après nos observations, la rupture est amorcée par une plicature plus ou moins brusque survenant dans la région inférieure du flagellum. Cette plicature est

[1] Hirsch, Wilh. *Untersuchungen über die Entwicklung der Haare bei den Pflanzen*, p. 24 et 25. Fünfstück's Beiträge zur wiss. Bot., 1899, IV.

presque inévitable, puisque les flagellums, développés les premiers et semblables à des fils d'araignée, sont retenus enchevêtrés, tandis que le pied les soulève au-dessus de l'épiderme. La rupture se consomme le plus souvent dans la région de la plicature parce que les cloisons latérales du flagellum y sont plus minces et y succèdent souvent brusquement aux parois plus épaisses des cellules du pied (zone basale de moindre résistance). Enfin, notons que l'amincissement des parois des flagellums à la base est une preuve indirecte que le développement du flagellum est, lui aussi, *basipétal*.

Passons, maintenant, à l'examen des caractères présentés par les trichomes dans les diverses espèces :

1. *C. procumbens* Balb. — Les variétés *typica* Gugl. et *Aemilii* (Briq.) Gugl. ont des poils densément rapprochés et à flagellums persistant longtemps, au moins en partie, ce qui rend les feuilles épaissement blanches-tomenteuses, tandis que dans la var. *Verguinii* Briq. et Cav., les poils écartés ont des flagellums promptement caducs, ce qui rend les feuilles vertes ou d'un vert cendré. Le pied, contracté au niveau des cloisons transversales, est formé de 4 à 6 cellules volumineuses, toutes plus hautes que larges, à largeur diminuant graduellement vers le haut du pied, à parois minces et hyalines. La cellule est brusquement contractée en flagellum piliforme, très allongé, à parois relativement épaisses, à lumen extrêmement étroit. Dans la var. *Verguinii*, les cellules du pied sont plus nombreuses (jusqu'à 10), plus courtes, plus larges, à parois extérieures plus épaisses.

2. *C. Jordaniana* Godr. et Gren. — Dans cette espèce, la page inférieure des feuilles est normalement tomenteuse à l'état adulte : les poils très denses ont un pied 2-4 cellulaire, non contracté au niveau des cloisons transversales, à éléments petits, courts, généralement plus longs que larges, à parois externes minces et hyalines ; la cellule apicale, peu contractée par rapport aux éléments du pied, est démesurément allongée en flagellum ondulé-recroquevillé. A la page supérieure, on retrouve les poils du type précédent, mais moins abondants. Ils y sont mélangés à des trichomes d'un type différent dans lesquels la cellule apicale, brusquement contractée en un flagellum très grêle et caduc, surmonte un pied conique 2-5 cellu-

laire, à grosses cellules de calibre décroissant de bas en haut, toutes, ou tout au moins les basilaires, plus larges que hautes. Çà et là, des divisions normales à la surface foliaire survenant dans la cellule basale du pied, parfois aussi dans les éléments épidermiques qui entourent cette cellule basale, il y a formation d'un socle pluricellulaire.

3. *C. pectinata L.* — Dans cette espèce, les poils sont de deux sortes, comme dans la précédente, mais à l'état adulte les feuilles sont le plus souvent calvescentes: non seulement le flagellum (plus grêle que dans le *C. Jordaniana*) tombe, mais encore le pied disparaît. Cependant, dans la var. *supina* (Jord.) Gaut., les poils persistent et forment un feutre aranéeux grisâtre. Des poils à pied conique, analogues à ceux de l'espèce précédente, se retrouvent à la page supérieure et surtout le long des bords du limbe, mais ils ont un pied plus allongé, à cellules moins larges pourvues de parois externes généralement plus épaisses.

4. *C. uniflora.* — Les poils sont ici pourvus d'un pied cylindrique à gros éléments, et d'un flagellum très grêle. Dans la var. *genuina* Briq. les cellules du pied sont allongées, peu nombreuses (3-5), à parois minces, à flagellum persistant, démesurément allongé et très grêle; le limbe reste tomenteux. Dans la var. *helvetica* (Gaud.) Briq. et Cav. (*C. nervosa* Willd.), où les poils sont plus clairsemés, le pied est plus allongé, à cellules plus nombreuses (jusqu'à 10), plus courtes, à parois plus épaisses; le flagellum est moins allongé et caduc; le limbe adulte est vert. Il y a souvent formation d'un socle pluricellulaire à la base du pied.

5. *C. phrygia* L. emend. — Nous avons étudié les trois sous-espèces: *pseudo-phrygia* (C. A. Mey.) Gugl., *austriaca* (Willd.) Gugl. et *stenolepis* (Kern.) Gugl. Toutes trois présentent des poils à pied conique, en cône allongé comportant généralement 3 à 6 cellules, à peu près aussi hautes que larges (sans que le caractère ait une constance absolue), à parois externes épaisses. La cellule apicale est brusquement contractée en flagellum grêle, très allongé, à parois minces. Il y a souvent formation d'un socle pluricellulaire basal. L'abondance des poils est plus grande et le flagellum plus persistant à l'état adulte dans la sous-esp. *stenolepis.*

6. *C. rhaetica* Moritzi. — Espèce très glabrescente. Les rares poils ont un pied conique court, à 2-5 cellules, à parois fortement sclérifiées. La cellule apicale est contractée en un flagellum très grêle et très caduc. Il y a souvent des divisions basales aboutissant à la formation d'un socle.

7. *C. trichocephala* M.-B. — Les trichomes peu nombreux ont ici une structure particulière. Le pied est en effet différencié, à l'état adulte, en deux parties complètement distinctes. La partie proximale est constituée par 2-5 cellules volumineuses formant une colonnette ou un cône plus ou moins allongé et arrondi au sommet, à parois externes très fortement sclérifiées, montrant une stratification très nette, fortement cuticularisées dans leur région externe ; la cellule basilaire est presque toujours le siège de divisions répétées qui aboutissent à la formation d'un socle. Cette partie proximale, telle qu'elle vient d'être décrite, est séparée du flagellum grêle et allongé par un *chapelet* de 2-4 petites cellules, à peine plus longues que larges, à parois très minces. Le flagellum lui-même, très allongé, très grêle, tombe de fort bonne heure, tandis que le chapelet distal du pied persiste souvent plus longtemps.

8. *C. hyssopifolia* Vahl. — Les trichomes ont un pied en forme de cylindre rétréci ou de cône très allongé, comportant 3-5 éléments, surmontés d'une cellule apicale brusquement contractée en flagellum grêle et allongé, précocement caduc. Les cellules du pied sont plus larges que hautes dans la région proximale et s'allongent plus ou moins, en diminuant de volume dans la région distale. Les parois externes sont sclérifiées, mais moins que dans l'espèce précédente, et présentent des caractères analogues de stratification et de cuticularisation. La cellule basilaire est presque toujours le siège de divisions aboutissant à la formation d'un socle.

9. *C. linifolia* Vahl. — Très étalés, écartés les uns des autres, les trichomes ont un pied allongé, contracté au niveau des cloisons transversales, comportant 5-12 cellules, celles-ci plus larges que hautes ou subisodiamétriques dans la région proximale, les suivantes plus allongées et diminuant progressivement de volume, à parois externes assez épaisses. La cellule basilaire subit souvent, surtout dans la région marginale du limbe, des

divisions aboutissant à la formation d'un socle. La cellule ultime du poil est brusquement contractée en un très long flagellum grêle, à parois très minces, et promptement caduc.

10. *C. antennata* Duf. — L'indument est ici beaucoup plus dense que dans l'espèce précédente. Les poils ont un pied allongé, cylindrique-moniliforme, comportant 5-*n* cellules, analogues à celles du *C. linifolia,* mais décroissant moins de volume du bas en haut du trichome, à parois externes plus minces et plus hyalines. Il y a souvent formation d'un socle basal pluricellulaire. La cellule ultime du poil est contractée en flagellum caduc allongé, grêle, à parois très minces.

En résumé, on peut reconnaître, sous de nombreuses variantes de détails, trois types différents de trichomes: 1° *le type à pied cylindrique,* tantôt *moniliforme, robuste (C. procumbens, uniflora, linifolia, antennata)* ou *grêle (C. Jordaniana, C. pectinata); 2° le type à pied conique (C. Jordaniana, C. pectinata, C. rhaetica); 3° le type à pied hétéromorphe (C. trichocephala).* Il existe entre les types 1 et 2 des formes intermédiaires (par ex. dans les *C. phrygia* et *hyssopifolia*), tandis que certaines espèces portent simultanément des poils à pied cylindrique grêle et des poils à pied conique *(C. Jordaniana, C. procumbens).* Pour caractériser d'une façon précise l'indument d'une espèce ou d'une variété, des indications sur l'apparence générale de cet indument ne suffisent pas, il faut y ajouter une connaissance exacte de la morphologie des trichomes.

Au point de vue écologique, les fonctions des diverses parties du trichome doivent être interprétées comme suit. Les flagellums forment un voile aranéeux, surélevé au-dessus de l'épiderme au moyen des pieds des poils, ceux-ci souvent fortifiés par la formation d'un socle basal. La couche « d'air tranquille » étendue entre l'épiderme et les flagellums contribue à diminuer les pertes d'eau par transpiration. Ce dispositif est naturellement de première utilité dans la jeunesse des feuilles, alors que la croissance bat son plein. Plus tard, les flagellums persistent plus ou moins, formant tomentum, dans les formes exposées par la nature de leur habitat à des excès de transpiration. *(C. procumbens* var. *genuina* et *Aemilii, C. pectinata* var. *supina, C. uniflora* var. *genuina),* ou ils tombent. Dans ce der-

nier cas, la protection contre des pertes d'eau exagérées n'est pas indispensable, ou bien elle est réalisée au moyen de dispositifs différents: poils à pieds persistants abondants et serrés *(C. procumbens* var. *Verguinii, C. antennata)*, réduction de la surface de transpiration au moyen d'un limbe étroit *(C. hyssopifolia, C. linifolia),* épiderme supérieur à parois externes très fortement sclérifiées et cuticularisées *(C. trichocephala),* etc.

1919 Décembre

CENT VINGT-QUATRIÈME ANNÉE

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

(5me Période — Vol. 1)

GENÈVE
RÉDACTION DES ARCHIVES, RUE DU VIEUX-COLLÈGE, 4

PARIS
H. LE SOUDIER
174-176, Boul. St-Germain

LONDRES
DULAU & Cie
34-36, Margaret Street

NEW-YORK
G. E. STECHERT & Co
151-155, W 25th Street

Dépôt pour l'ALLEMAGNE, GEORG & Co, à Bâle

1919

Les Archives des Sciences physiques et naturelles paraissent à Genève tous les mois ou tous les deux mois par livraisons, formant, pour 1919, **un** volume, avec planches.

Envoi *franco par la poste* aux prix d'abonnements suivants, payables à Genève (en espèces, mandats sur la poste, traites à vue).

Suisse	**Fr.**	**25**
Tous les pays faisant partie de l'Union postale	»	**30**

Chaque numéro se vend séparément 6 fr.

Tout ce qui concerne la **rédaction et l'administration** doit être adressé *franco* au **Bureau de cette publication, rue du Vieux-Collège, 4, à Genève.**

ON S'ABONNE :

GENÈVE . . . . . . Rédaction des *Archives*, Vieux-Collège, 4
Librairie Georg & C[ie], Corraterie.
Librairie Dürr, rue Bovy-Lysberg.

POUR LE RESTE DE LA SUISSE :

LAUSANNE . . . . Bureau de la *Bibl. Univ.*
F. Rouge & C[ie], rue Haldimand.

BALE . . . . Georg & C[ie], librairies.

ZURICH . . . . Albert Muller.

Et dans tous les bureaux de poste de la Confédération.

FRANCE

PARIS . . . . H. Le Soudier, 174-176, Boulevard Saint-Germain.

ITALIE

TURIN. . . . . Bocca frères, libraires.

FLORENCE . . . . G. Vieussieux, libraire.

ALLEMAGNE

LEIPZIG . . . . . . F.-A. Brockhaus, libraire.

On peut s'adresser également à BALE, chez Georg, libraire et aux directions des postes d'Allemagne.

ANGLETERRE

LONDRES. . . . . Dulau & C[o], 34-36, Margaret Street.

BELGIQUE

BRUXELLES . . . . Falk fils, 18, rue des Paroissiens.

GAND . . . . Ad. Herckenrath, libraire.

HOLLANDE

AMSTERDAM . . . Feikema, Caarelsen & C[ie], libraires.

ESPAGNE

MADRID . . . . . . E. Dossat, lib., plaza Santa Ana.

ÉTATS-UNIS

NEW-YORK . . . . G.-E. Stechert & C[o], 151-155, W 25[th] Street

TABLES GÉNÉRALES

DES

AUTEURS ET DES MATIÈRES

DE 1879 A 1910

La première partie de ces Tables (comprenant la *table des auteurs* des articles publiés ou analysés dans les 34 volumes de la 3me période et dans les 30 premiers volumes de la 4me période des *Archives*) est en vente au prix de 18 fr. — S'adresser au **Bureau de rédaction des Archives,** rue du Vieux-Collège, 4, à Genève, ainsi que chez les libraires indiqués à la p. 2 de la couverture du présent fascicule.

On peut aussi se procurer les *Tables générales des auteurs et des matières de 1846 à 1878* (prix 20 fr.).

JOURNAL DE CHIMIE PHYSIQUE

SOMMAIRE DU N° 1 DU TOME XVI.

Bailly, Octave. Les lois de la mécanique chimique régissent-elles les réactions diastasiques ? Considérations théoriques et essais d'application. — *Cabrera. B., Moles, E.* et *Marquina, M.* La magnétochimie des sels de manganèse. — *Guye, Ph.-A.* Contributions à l'étude des causes d'erreur affectant les déterminations de poids atomiques. VIII. — Sur les perfectionnements à apporter aux méthodes de pesée; microbalance élastique; application aux poids atomiques de l'hélium et de l'hydrogène. — *Moles, E.* Sur la synthèse du bromure de nitrosyle.

SOMMAIRE DU N° 2 DU TOME XVI.

Ciamician, G. et *Padoa, M.* Considérations sur la nature de l'affinité chimique et de la valeur des atomes. — *Pinkus, Alexandre.* Recherches sur l'ionisation des gaz pendant les réactions chimiques. — *Stahrfoss, Knut.* Contribution expérimentale à la revision du poids atomique du carbone à partir des densités des gaz acétylène, éthylène et éthane. — *Treub, J.-P.* La saponification des corps gras.

SOMMAIRE DU N° 3 DU TOME XVI.

Berthoud, A. Considérations sur les causes des points d'ébullition anormaux. — *Briner, E.* et *Fridöri, E.* Contribution à l'étude de la vitesse d'oxydation du gaz oxyde d'azote — *Batuecas, F.* Contribution à la revision du poids atomique du carbone ; détermination de la densité normale du gaz éthylène.

SOMMAIRE DU N° 4 DU TOME XVI.

Berthoud, A. Détermination de quelques constantes physiques de l'ammoniaque. — *Moles, E.* Décomposition thermique de certains trinitures inorganiques. — *Prud'homme, Maurice.* La température critique en fonction unique de la tension superficielle. — *Prud'homme, Maurice.* L'acide formique en tant qu'aldéhyde. — *van Laar, J.-J.* Sur la chaleur de dissociation des gaz biatomiques en rapport avec les valeurs élevées de l'attraction des atomes libres. — *Cabrera, B.* Magnéto-chimie.

DÉCEMBRE 1919

JOURNAL DE CHIMIE PHYSIQUE
(Suite).

SOMMAIRE DU N° 1 DU TOME XVII.

Briner, E. et *Bærfuss, A.* Formation de l'ammoniaque au moyen de l'arc électrique. Etude spéciale de l'influence de la dépression. — *Guye, Ph.-A.* Calcul de l'écart à la loi d'Avogadro par la méthode des compressibilités. Application au gaz acide bromhydrique. — *Guye, Ph.-A.* Revision physicochimique du poids atomique du brome ; nécessité de corriger le poids atomique de l'argent. — *Swarts, Frédéric.* Etudes thermochimiques sur les combinaisons organiques fluorées.

SOMMAIRE DU N° 2 DU TOME XVII.

Briner, E. et *Naville, Ph.* Action de la dépression sur la formation de l'oxyde d'azote au moyen de l'arc électrique. — *Prud'homme, Maurice.* La température critique en fonction unique de la tension superficielle. — *Reychler, A.* Etudes sur les solutions. — *Van Laar, J.-J.* Sur la détermination des poids moléculaires et atomiques en partant de la densité dans l'état gazeux normal et des constantes critiques.

IMPRIMERIE ALBERT KUNDIG — (GENÈVE-SUISSE)

